



TUGAS AKHIR - MO 141326

**KAJIAN TEKNIS PENGANGKATAN PIPA BAWAH LAUT DI ALUR
PELAYARAN SELAT MADURA**

Oleh:

NURILLAH ANGGRAINI
NRP. 4311100066

Dosen Pembimbing:

Dr. Eng. YEYES MULYADI, S.T., M.Sc.
Dr. Eng. KRIYO SAMBODHO, S.T., M.Eng.

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - MO 141326

**TECHNICAL STUDY OF OFFSHORE PIPELINE REMOVAL IN
MADURA STRAIT CRUISE CHANNEL**

By:

NURILLAH ANGGRAINI

NRP. 4311100066

Supervisors:

Dr. Eng. YEYES MULYADI, S.T., M.Sc.

Dr. Eng. KRIYO SAMBODHO, S.T., M.Eng.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

LEMBAR PENGESAHAN

Kajian Teknis Pengangkatan Pipa Bawah Laut di Alur Pelayaran Selat Madura

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NURILLAH ANGGRAINI

NRP. 4311 100 066

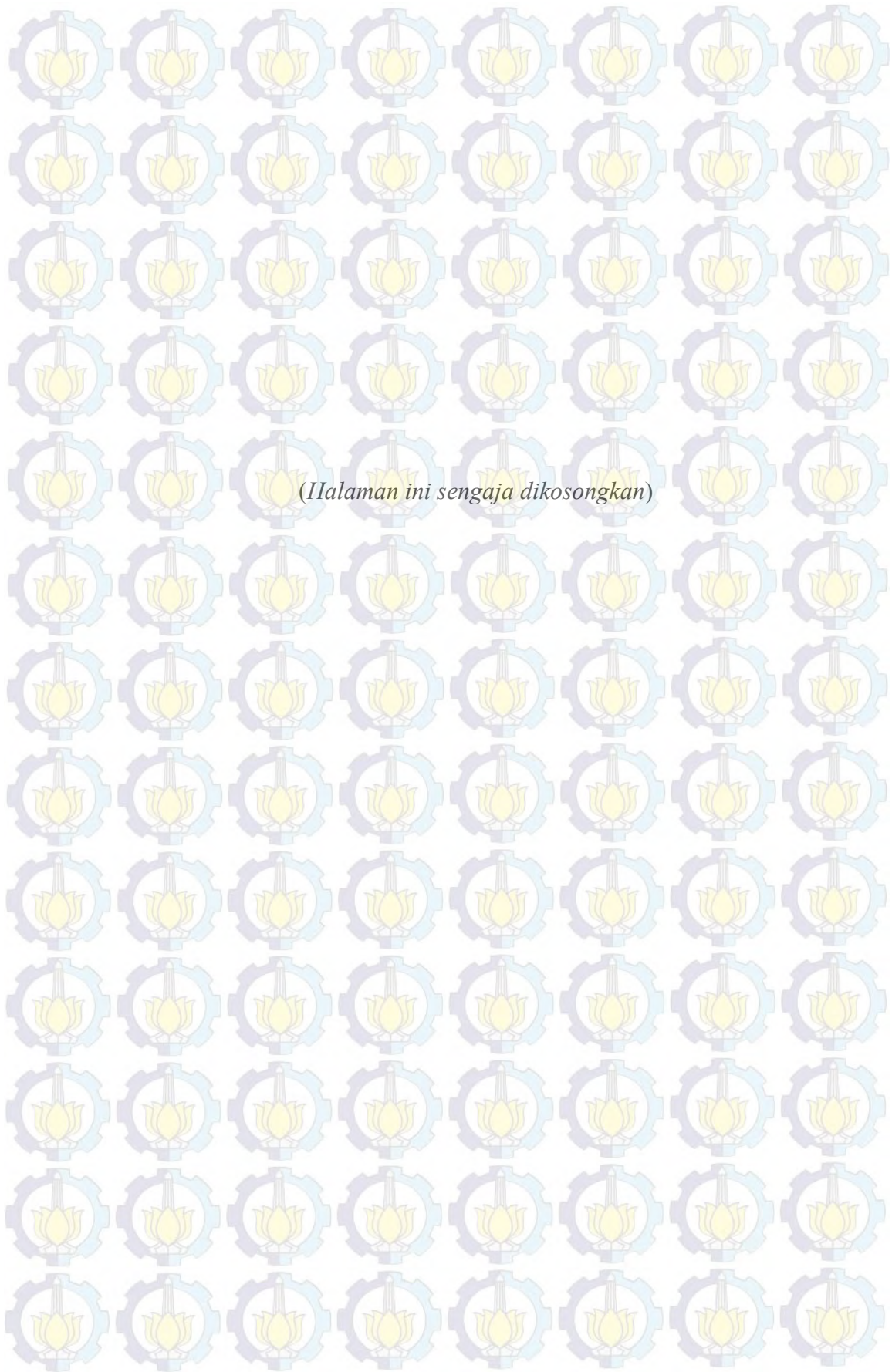
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc..... (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Sc..... (Pembimbing 2)



Surabaya, 3 Agustus 2015



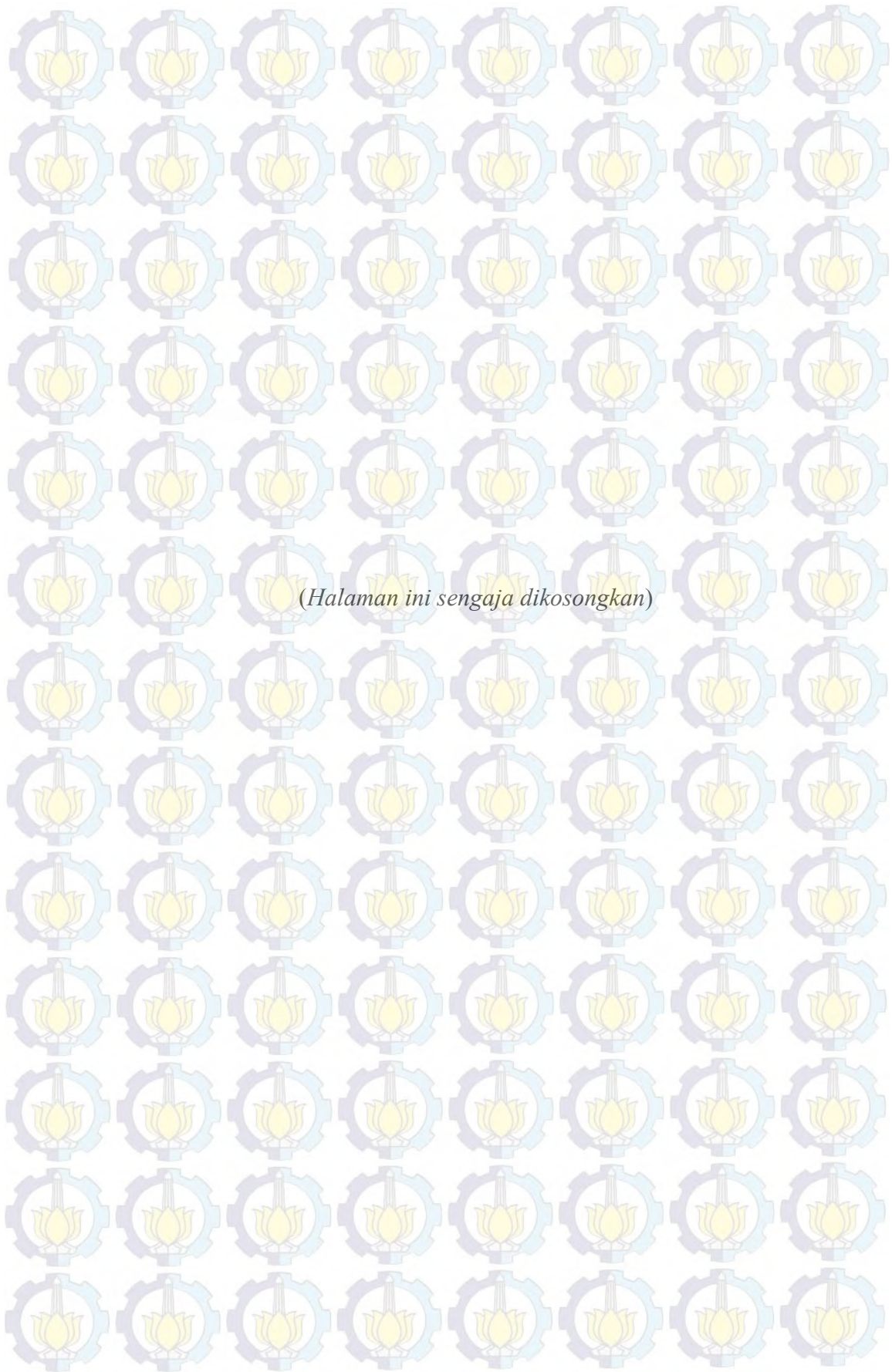
KAJIAN TEKNIS PENGANGKATAN PIPA BAWAH LAUT DI ALUR PELAYARAN SELAT MADURA

Nama Mahasiswa : Nurillah Anggraini
NRP : 4311 100 066
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, ST., M.Sc.
2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Eng.

ABSTRAK

Kodeco Energy Co., Ltd memiliki pipa bawah laut untuk mengalirkan gas hasil pengeboran dari *Poleng Processing Platform* (PPP) ke stasiun pengumpul *Onshore Receiving Facility* (ORF) yang terletak di alur pelayaran Selat Madura. Padatnya alur pelayaran di Selat Madura dan akan dilakukannya pengembangan lebar alur dan kedalaman Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya mengharuskan *pipeline* PPP-ORF ini diangkat untuk menghindari resiko dan kerusakan pada *pipeline*. Oleh karena itu analisa pengangkatan *pipeline* PPP-ORF KP 35 –KP 36 dan KP 42 – KP 46 menjadi inti pembahasan pada tugas akhir ini. Analisa pengangkatan pipa di alur pelayaran Selat Madura ini menggunakan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*. Pengangkatan pipa ini menggunakan *barge* Alpha DMB 88 dengan arah datang gelombang pada saat pengangkatan di Selat Madura adalah 45° , 90° , dan 135° . Pemodelan *barge* dan analisa *Response Amplitude Operator* (RAO) menggunakan *software Maxsurf*. Sedangkan pemodelan *Reverse Lay* dan *Surface Tow* dilakukan dengan *software Orcaflex*. Code yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah DNV RP E305 *On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines* dan DNV RP F109. Panjang pipa yang dimodelkan pada metode *Reverse Lay* adalah 160 meter, sedangkan panjang pipa yang digunakan untuk metode *Surface Tow* adalah 1000 meter. Hasil pemodelan menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi pada pipa dengan metode *Reverse Lay* adalah sebesar 305.26 mPa dengan arah datang gelombang 135° . sedangkan tegangan maksimum yang terjadi pada pipa dengan metode *Surface Tow* adalah sebesar 144,53 mPa dengan arah datang gelombang 90° . Pada kedua metode tersebut pipa tidak mengalami *overstress* karena tidak melebihi batas tegangan yang diijinkan yaitu 0,9 SMYS atau sebesar 322,67 mPa. Dari hasil tegangan maksimum, analisa keselamatan alur pelayaran, kemudahan teknis, dan konsumsi energi, didapatkan metode pengangkatan pipa yang cocok di Selat Madura adalah *Reverse Lay*.

Kata Kunci : Pengangkatan Pipa Bawah Laut, Selat Madura, *Reverse Lay*, *Surface Tow*, Perbandingan Metode.



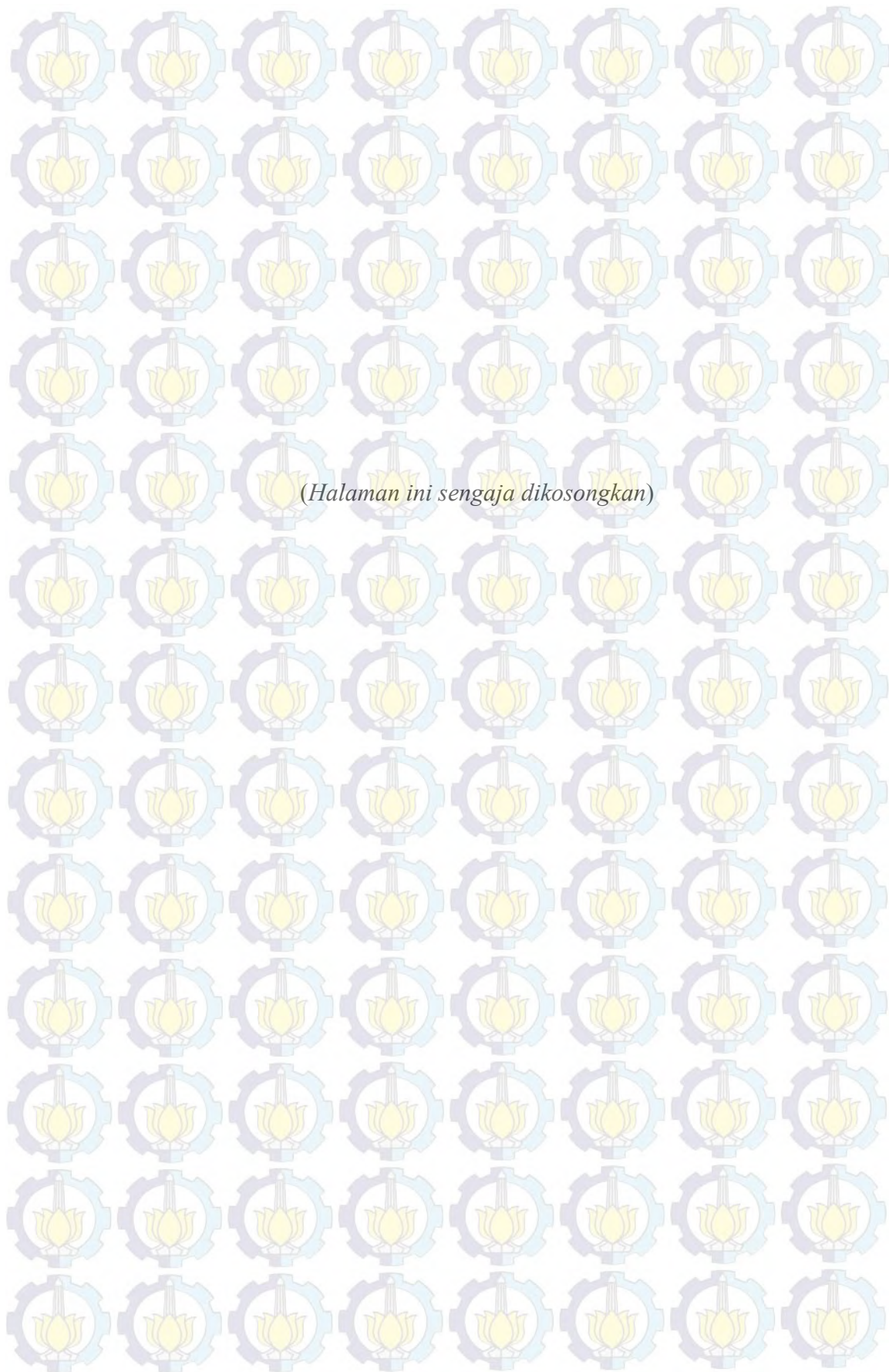
TECHNICAL STUDY OF OFFSHORE PIPELINE REMOVAL IN MADURA STRAIT CRUISE CHANNEL

Name : Nurillah Anggraini
NRP : 4311 100 066
Departement : Teknik Kelautan FTK-ITS
Supervisors : 1. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, ST., M.Sc.
2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Eng.

ABSTRACT

Kodeco Energy Co., Ltd. has pipeline to flow the gasoline product from Poleng Processing Platform (PPP) to Onshore Receiving Facility (ORF) accumulate station located in seabed cruise channel Madura Strait. The denseness of cruise channel in Madura Strait and it will be tone cruise channel enlargement and the depth of Tanjung Perak Harbour Surabaya require this pipeline PPP-ORF must be removed to prevent the risk and defect in pipeline. Therefore the analyze of PPP-ORF KP 35 - KP 36 and KP 42 – KP 46 pipeline removal become the main discuss in this final task. The analyze of pipeline removal in cruise channel Madura Strait used Reverse Lay method and Surface Lay method. This pipeline removal used barge Alpha DMB 88 with arrival wave heading when remove in Madura Strait are 45°, 90°, and 135°. This barge model and Response Amplitude Operator (RAO) analyze used by Maxsurf software. While Reverse Lay and Surface Tow models used by Orcaflex software. The code that used in this final task is DNV RP E305 On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines and DNV RP F109. The length of pipeline model in Reverse Lay method is 160 meters while in Surface Tow method is 1000 meters. The result of models show maximum stress happened in pipe with Reverse Lay method is 305.26 mPa with arrival wave heading 135°. Moreover maximum stress happened in pipe with Surface Tow method is 144,53 mPa with arrival wave heading 90°. Both of that methods do not experience overstress because does not exceed boundary stress that is permitted as 0,9 SMYS or 322,67 mPa. From the maximum stress, safety of cruise channel analyze, easiest technique, and energy consumption, it can be concluded that recommended method for pipeline removal in Madura Strait cruise channel is Reverse Lay.

Keywords: Removal Pipeline, Madura Strait, Reverse Lay, Surface Tow, Comparison Method.



KATA PENGANTAR

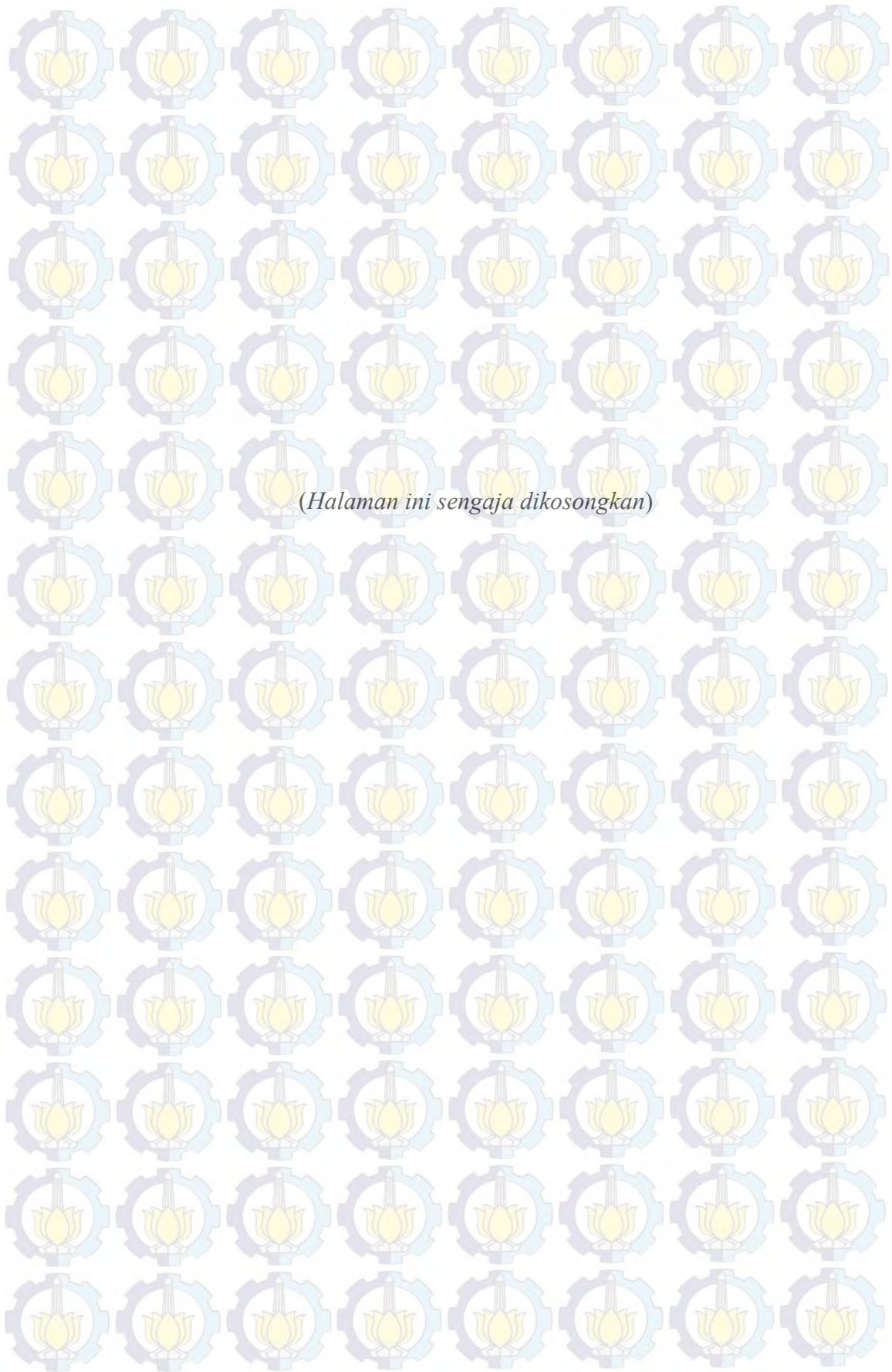
Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan memberikan segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Kajian Teknis Pengangkatan Pipa Bawah Laut di Alur Pelayaran Selat Madura” ini dengan segenap kemampuan yang penulis miliki.

Laporan tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kepentingan akademis maupun kegiatan pengangkatan pipa di Selat Madura. Serta dapat dikembangkan oleh penelitian-penelitian selanjutnya.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, tentu akan ditemukan banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari pembaca sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan untuk menjadi lebih baik.

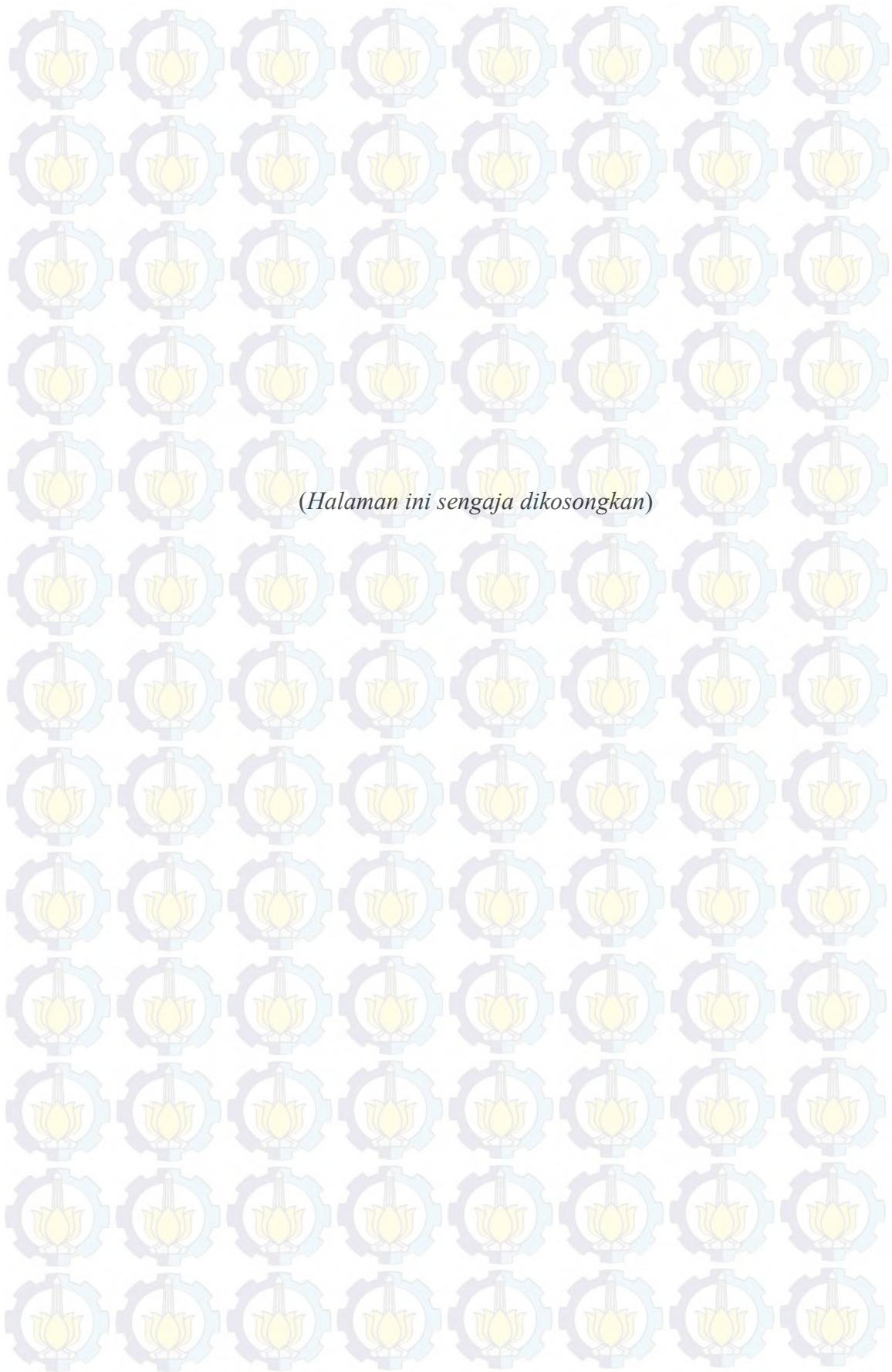
Surabaya, Agustus 2015

Nurillah Anggraini



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Cover	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Ucapan Terima Kasih	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xix
Daftar Tabel	xxi
Daftar Simbol	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Metode Pengangkatan Pipa	6
2.2.2 Perhitungan Properti Pipa	10
2.2.3 Beban-beban pada Sistem Perpipaan	12
2.2.3.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	12
2.2.3.2 Beban <i>Occasional</i> (<i>Occasional Load</i>)	12
2.2.4 Teori Gelombang	12
2.2.5 Spektra Gelombang	13
2.2.6 Respon Struktur	14
2.2.7 Arus	16



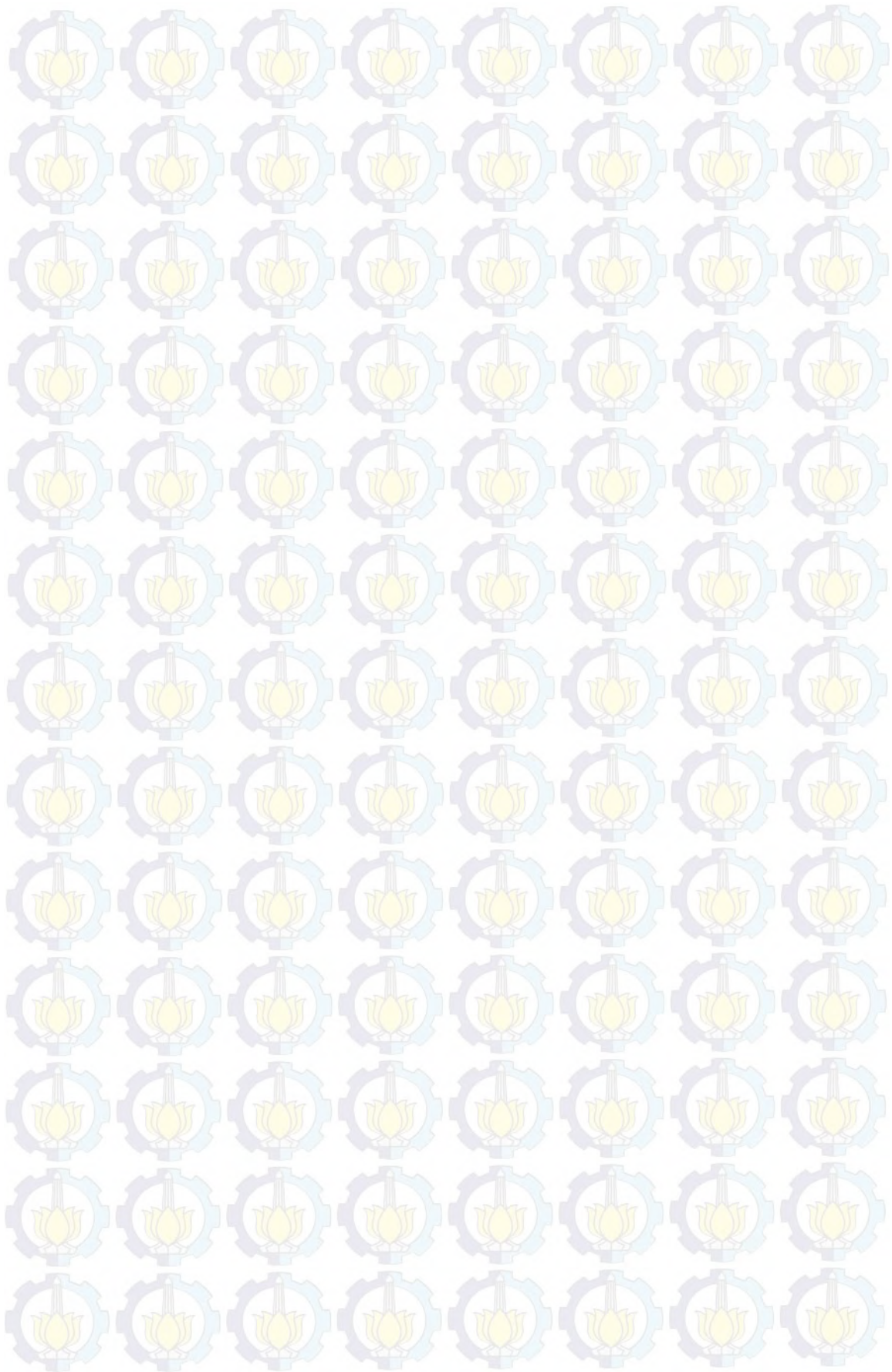
2.2.8 Analisa Gaya dan Tegangan Pipa.....	16
2.2.8.1 Gaya Hidrodinamis Pipa.....	17
2.2.8.2 Gaya Gesek (<i>Friction Force</i>).....	20
2.2.8.3 Gaya Apung (<i>Buoyancy Force</i>).....	20
2.2.8.4 Tekanan <i>Longitudinal</i> (<i>Longitudinal Stress</i>).....	21
2.2.8.5 <i>Equivalent Stress</i>	22
2.2.9 Konfigurasi <i>Mooring Line</i>	22
2.2.10 Analisa Dinamik.....	24
2.2.10.1 Pemodelan dengan <i>Software Orcaflex</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	31
3.2 Prosedur Penelitian.....	35
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pengumpulan Data.....	37
4.1.1 Data <i>Pipeline</i> KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46.....	37
4.1.2 Data Lingkungan.....	38
4.1.3 Data <i>Barge</i>	39
4.2 Pembahasan.....	39
4.2.1 Pemilihan Metode Pengangkatan Pipa.....	39
4.2.1.1 <i>Selection Criteria</i>	39
4.2.2 Perhitungan Properti dan Pembebanan pada Pipa.....	40
4.2.3 Pemodelan <i>Barge</i>	41
4.2.4 Perhitungan <i>Response Amplitude Operator (RAO)</i>	43
4.2.5 Perhitungan Konfigurasi <i>Mooring Line</i>	45
4.2.6 Pemodelan Dinamis <i>Reverse Lay</i>	46
4.2.7 Pemodelan Dinamis <i>Surface Tow</i>	50
4.2.8 Pemilihan Metode dengan <i>Selection Criteria</i>	56
BAB V PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59



DAFTAR PUSTAKA.....	61
---------------------	----

LAMPIRAN

BIOBATA



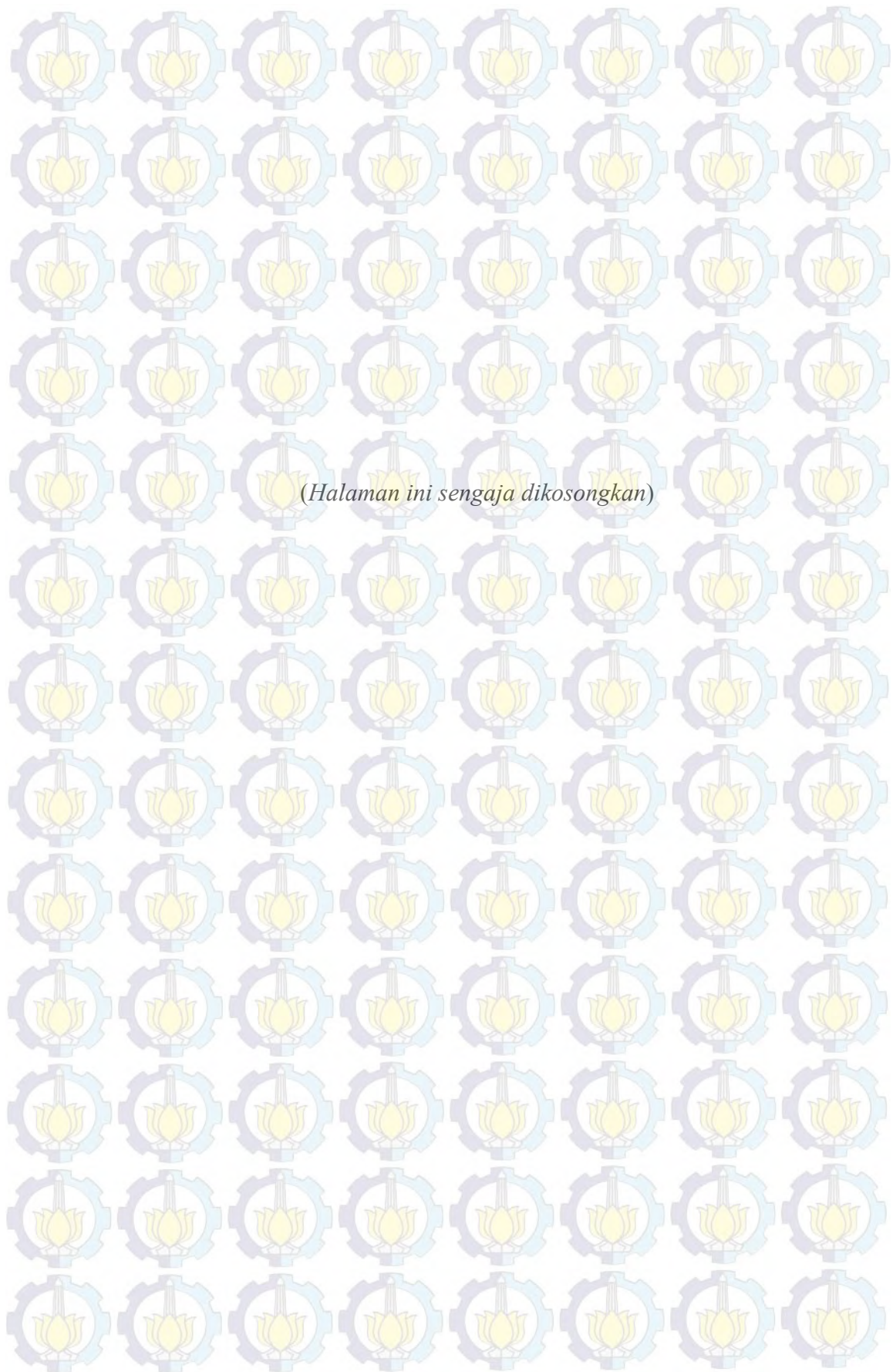
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Lay out lokasi pipeline Kodeco (Kodeco, 2008)</i>	1
Gambar 2.1 <i>Sketsa Metode Reverse Lay</i>	6
Gambar 2.2 <i>Contoh Barge yang Digunakan untuk Metode Reverse Lay</i>	7
Gambar 2.3 <i>Sketsa Metode Bottom Tow</i>	8
Gambar 2.4 <i>Sketsa Metode Surface Tow</i>	9
Gambar 2.5 <i>Sketsa Metode Mid-Depth Tow</i>	9
Gambar 2.6 <i>Sketsa Metode Off-Bottom Tow</i>	10
Gambar 2.7 <i>Potongan Melintang Pipa Bawah Laut</i>	10
Gambar 2.8 <i>Gaya hidrodinamis yang bekerja pada pipa (Mouselli, 1981)</i>	17
Gambar 2.9 <i>Konfigurasi Mooring Line</i>	22
Gambar 2.10 <i>Koordinat Sistem (Orcaflex User Manual Ver.9.2)</i>	25
Gambar 2.11 <i>Ilustrasi Arah Global (Orcaflex User Manual Ver.9.2)</i>	26
Gambar 3.1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	32
Gambar 3.2 <i>Diagram Alir Pemodelan Metode Reverse Lay</i>	33
Gambar 3.3 <i>Diagram Alir Pemodelan Surface Tow</i>	34
Gambar 4.1 <i>Gambar Barge ALPHA DMB 88</i>	42
Gambar 4.2 <i>Hasil Pemodelan Barge ALPHA DMB 88 dengan Software Maxsurf</i>	43
Gambar 4.3 <i>Arah Angin dan Gelombang di Laut Utara Jawa Timur</i>	43
Gambar 4.4 <i>Heading Arah Gelombang terhadap Barge</i>	44
Gambar 4.5 <i>Sketsa Arah Pembebanan Gelombang pada Barge</i>	44
Gambar 4.6 <i>Grafik Response Amplitude Operator (RAO) Barge ALPHA DMB 88</i>	45
Gambar 4.7 <i>Konfigurasi Mooring Line</i>	45
Gambar 4.8 <i>Input Data Barge</i>	47
Gambar 4.9 <i>Input Data Pipeline</i>	47
Gambar 4.10 <i>Input Data Lingkungan</i>	48
Gambar 4.11 <i>Pemodelan Reverse Lay Heading 45°</i>	48
Gambar 4.12 <i>Pemodelan Reverse Lay Heading 45° Setelah Running</i>	49

Gambar 4.13 Lokasi Tegangan Maksimum Setelah <i>Running</i> pada Arah 45°, 90°, dan 135°	50
Gambar 4.14 Sketsa Drum sebagai <i>Floater</i>	51
Gambar 4.15 Sketsa <i>Surface Tow</i> dengan Menggunakan <i>Floater</i>	52
Gambar 4.16 Input Data <i>Pipeline</i>	52
Gambar 4.17 Input Data <i>Floater</i>	53
Gambar 4.18 Pemodelan <i>Tow Heading</i> 45 °	53
Gambar 4.19 Pemodelan <i>Tow Heading</i> 45° Setelah <i>Running</i>	54
Gambar 4.20 Lokasi <i>Effective Tension</i> Maksimum pada Arah 45° dan 90°	55
Gambar 4.21 Lokasi <i>Effective Tension</i> Maksimum pada Arah 135°	55
Gambar 4.22 Lokasi <i>Von Mises Stress</i> Maksimum pada Arah 45° dan 135°	56
Gambar 4.23 Lokasi <i>Von Mises Stress</i> Maksimum pada Arah 90°	56

DAFTAR TABEL

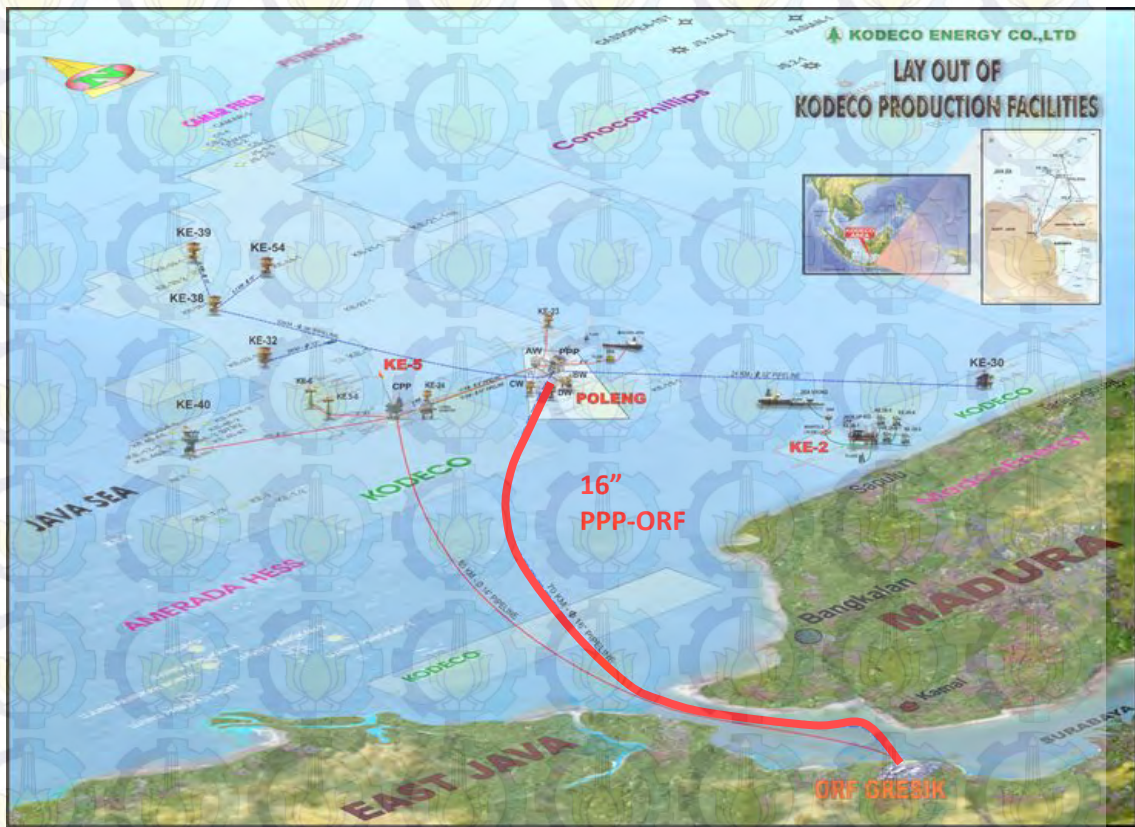
Tabel 4.1 Data <i>Pipeline</i> KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46	37
Tabel 4.2 Data Pelindung Korosi	37
Tabel 4.3 Data Lingkungan pada KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46	38
Tabel 4.4 <i>Main Dimension of ALPHA DMB 88</i>	38
Tabel 4.5 Properti dan Pembebanan pada Pipa	40
Tabel 4.6 <i>Recommended Hydrodynamics Coefficient</i> (Mousselli, 1981)	41
Tabel 4.7 Dimensi <i>Mooring</i>	46
Tabel 4.8 <i>Output Running</i> Pemodelan <i>Reverse Lay</i>	49
Tabel 4.9 Data Dimensi <i>Floater</i> (Drum).....	50
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Konfigurasi <i>Floater</i>	51
Tabel 4.11 <i>Output Running</i> Pemodelan <i>Surface Tow</i>	54



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kodeco Energy Co., Ltd. merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengeboran minyak dan gas. Perusahaan ini memiliki *platform* dengan sumur pengeboran gas yang terletak di laut Utara Jawa yaitu *Poleng Processing Platform* (PPP). Gas hasil pengeboran dari sumur tersebut dialirkan ke stasiun pengumpul yaitu *Onshore Receiving Facility* (ORF) yang terletak di Gresik. *Pipeline* PPP-ORF memiliki diameter 16 inci sepanjang 66 km yang terletak di Alur Pelayaran Selat Madura. *Pipeline* tersebut mulai diinstal pada 3 Februari 2008 dan selesai diinstal pada 28 April 2008.



Gambar 1.1 Lay out lokasi *pipeline* Kodeco (Kodeco, 2008)

Pipeline PPP-ORF terletak di alur pelayaran barat Surabaya di Selat Madura. Selat Madura merupakan salah satu alur pelayaran yang tersibuk di Indonesia. Banyak kapal melewati alur pelayaran ini. Pada tahun 2008, 2009, 2010, dan 2011 tercatat sebanyak 29.830, 30.934, 28.918, dan 31.420 kapal yang

berlayar. Jumlah ini diperkirakan akan terus meningkat setiap tahun mengingat semakin banyaknya industri yang mengandalkan transportasi laut sebagai penghubung mereka serta Pelabuhan Tanjung Perak yang merupakan jalur utama keluar masuk transportasi laut di Indonesia Timur (Mulyadi, 2014).

Dalam penelitian lain (Kusuma, 2010) telah menjelaskan analisis risiko pipa bawah laut yang berada di alur pelayaran pelabuhan Tanjung Perak yang berada di Selat Madura. Di sekitar alur pelayaran tersebut terdapat banyak sekali pipa gas yang ditanam. Dengan kondisi kedalaman laut di pelabuhan Tanjung Perak yang kurang dalam (9 hingga 10 meter) dan alur pelayaran yang sangat ramai, maka risiko pipa bawah laut menjadi lebih besar. Kecelakaan di alur pelayaran pelabuhan Tanjung Perak yang disebabkan kelalaian manusia mencapai 10,13 %, kecelakaan akibat jangkar sebesar 7,69%, dan benturan akibat kegagalan struktur mencapai 0,11%.

Selain itu, saat ini Pelindo III akan melakukan pengembangan pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Pengembangan tersebut dilakukan dengan menambah lebar alur menjadi 200 meter dan kedalaman menjadi 14 meter dari titik surut terendah. Sehingga proses *removal pipeline* diperlukan untuk menghindari zona *ship traffic* dan aktivitas pendalaman pelabuhan. *Pipeline* yang menjadi kajian *removal* ini berada pada KP 35- KP 36 dan KP 42- KP 46.

Proses *removal pipeline* dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pemotongan *pipeline*, pengangkatan *pipeline*, dan pemindahan. Proses ini dapat dilakukan dengan beberapa metode yang sama dengan metode instalasi. Metode yang umum dan banyak digunakan untuk pengangkatan pipa diantaranya adalah *Reserve Laybarge* dan *Surface Tow*. Masing-masing metode tersebut dapat digunakan untuk proses *removal* dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti keselamatan alur pelayaran, kemudahan teknis, dan konsumsi energi. Dalam melakukan pengangkatan *pipeline* tersebut diperlukan kajian teknis untuk memilih metode pengangkatan yang paling tepat mengingat kondisi alur pelayaran Selat Madura yang sangat ramai.

Dari latar belakang diatas, maka pada tugas akhir ini dilakukan kajian yang bertujuan untuk memilih metode yang tepat untuk pengangkatan *pipeline*

pada KP 35- KP 36 dan KP 42- KP 46 yang terletak di alur pelayaran di Selat Madura.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan kajian tugas akhir ini adalah :

1. Berapakah besar tegangan dan gaya-gaya yang bekerja pada proses pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*?
2. Kondisi kritis apa saja yang terjadi pada pipa saat pengangkatan dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*?
3. Metode apa yang direkomendasikan untuk melakukan pengangkatan pipa di alur pelayaran Selat Madura?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui besar tegangan dan gaya-gaya yang bekerja pada proses pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.
2. Mengetahui kondisi kritis apa saja yang terjadi pada pipa saat pengangkatan dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.
3. Mengetahui metode yang direkomendasikan untuk melakukan pengangkatan pipa di alur pelayaran Selat Madura.

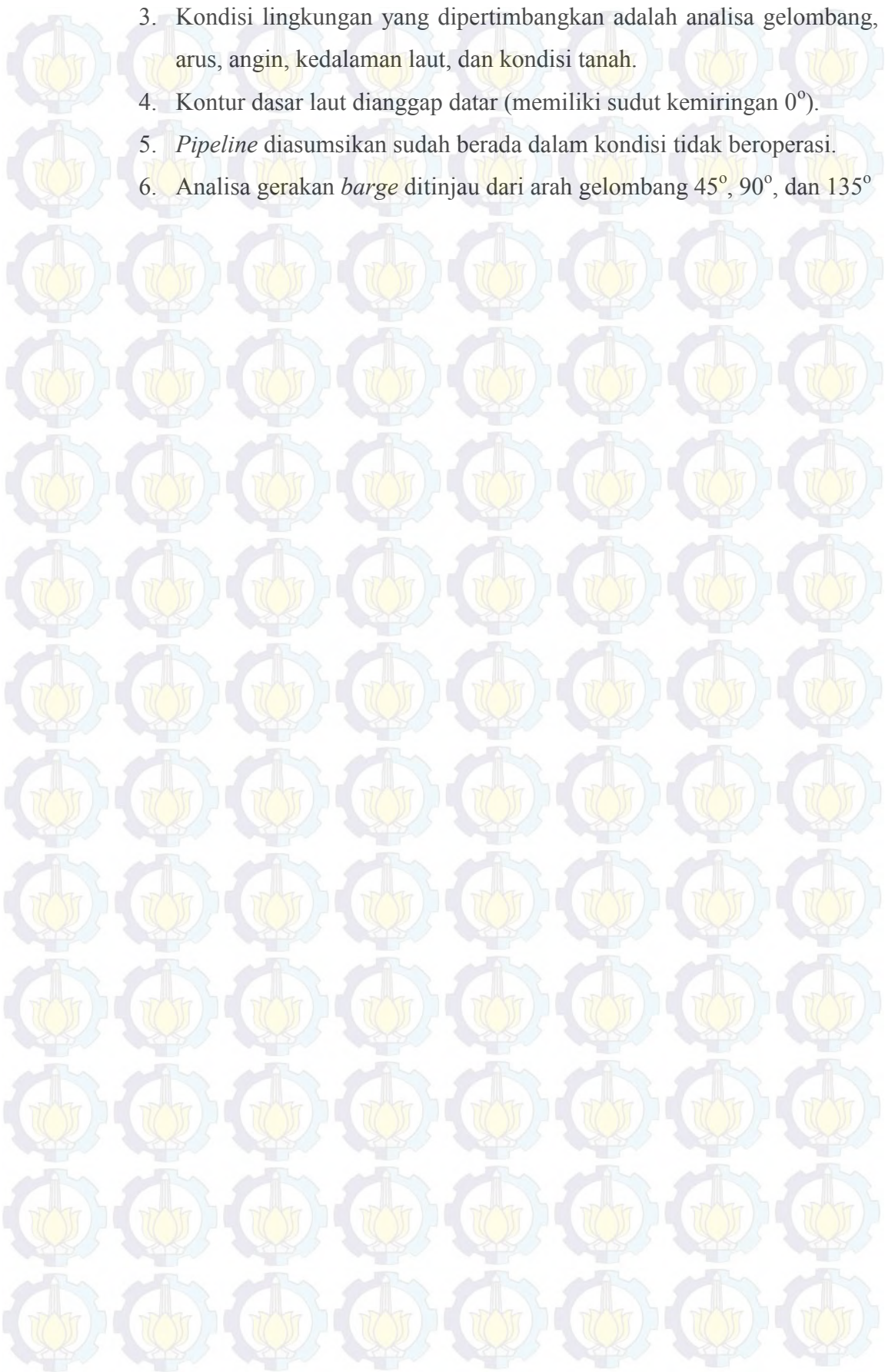
1.3 Manfaat Penelitian

Dari hasil analisa dalam penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan kajian dan acuan dalam melakukan *removal* atau pemindahan *pipeline* dengan metode yang paling efektif sehingga proses *removal pipeline* PPP-ORF milik *Kodeco Energy Co., Ltd.* dapat dilakukan dengan tepat dan aman.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Data *pipeline* yang digunakan adalah *pipeline* 16” PPP-ORF KP 35 - KP 36 dan KP 42 - KP 46 milik *Kodeco Energy Co., Ltd.*
2. Metode pengangkatan pipa yang akan digunakan adalah metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.

- 
3. Kondisi lingkungan yang dipertimbangkan adalah analisa gelombang, arus, angin, kedalaman laut, dan kondisi tanah.
 4. Kontur dasar laut dianggap datar (memiliki sudut kemiringan 0°).
 5. *Pipeline* diasumsikan sudah berada dalam kondisi tidak beroperasi.
 6. Analisa gerakan *barge* ditinjau dari arah gelombang 45° , 90° , dan 135°

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma, 2010 telah menjelaskan analisis risiko pipa bawah laut yang berada di alur pelayaran pelabuhan Tanjung Perak yang berada di Selat Madura. Di sekitar alur pelayaran tersebut terdapat banyak sekali pipa gas yang ditanam, salah satunya adalah *pipeline 16 inch* PPP-ORF sepanjang 25 meter milik Kodeco. Dengan kondisi kedalaman laut di pelabuhan Tanjung Perak yang kurang dalam (9 hingga 10 meter) dan alur pelayaran yang sangat ramai, maka risiko pipa bawah laut menjadi lebih besar. Kecelakaan di alur pelayaran pelabuhan Tanjung Perak yang disebabkan kelalaian manusia mencapai 10,13 %, kecelakaan akibat jangkar sebesar 7,69%, dan benturan akibat kegagalan struktur mencapai 0,11%.

Dalam jurnal lain (Mulyadi *et al*, 2014) menjelaskan bahwa jumlah kapal yang berlayar di Selat Madura semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2008, 2009, 2010, dan 2011 tercatat sebanyak 29.830, 30.934, 28.918, dan 31.420 kapal yang berlayar. Dari persebaran alur pelayaran di Selat Madura, ditemukan pula beberapa lokasi *crossing* yang membahayakan bagi pelayaran kapal dan pipa bawah laut Kodeco. Lokasi ini berada pada KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46 *pipeline 16 inch* PPP-ORF.

Selain itu, saat ini Pelindo III akan melakukan pengembangan alur pelayaran barat Surabaya. Lebar alur pelayaran akan ditambah menjadi 200 meter dari lebar semula 100 meter. Serta pendalaman dari rata-rata 9,5 meter menjadi 14 meter dari titik surut terendah. Sehingga dari hasil penelitian tersebut diperlukan adanya tindakan *removal* (pengangkatan) pipa yang juga berada di lokasi *crossing* kapal. Pengangkatan pipa ini harus dilakukan dengan metode yang tepat agar tidak mengganggu alur pelayaran dan proses pendalaman di Selat Madura.

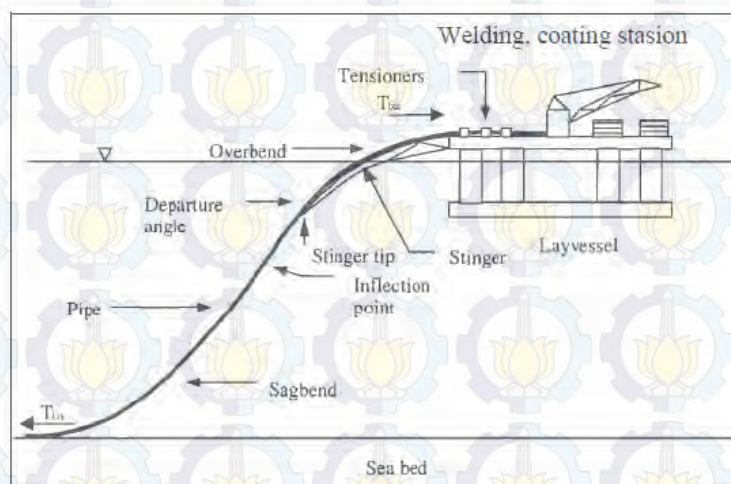
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Metode Pengangkatan Pipa

Metode pengangkatan pipa telah berkembang di dunia industri minyak dan gas mengingat banyaknya *pipeline* yang telah mencapai umur operasinya sehingga harus dilakukan *removal* pipa untuk dibuang atau dipindahkan. Selain itu, untuk kegiatan *decommissioning* dan *maintenance* yang diperlukan juga dapat dilakukan dengan cara mengangkat pipa. Metode pengangkatan pipa yang umum digunakan untuk pengangkatan *pipeline* bawah laut adalah metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*. Metode ini paling banyak digunakan karena alasan kemudahan operasi serta peralatan.

1. Reverse Lay

Reverse lay merupakan kebalikan dari metode *lay barge*. Metode ini dilakukan dengan cara mengangkat dan mengumpulkan potongan pipa kemudian diletakkan pada *barge*. Standar panjang joint pipa yang digunakan pada metode ini adalah sepanjang 40 ft. *Barge* dijalankan ke arah rute pipa dengan cara menarik jangkar. Selanjutnya pipa ditarik melalui *stinger* dari arah buritan *barge* hingga ditempatkan di sisi atau samping *barge*. Di depan *stinger* diletakkan *tensioner* yang bertujuan untuk menahan beban pipa yang dibawa. Penarikan *pipeline* tersebut akan mengakibatkan tekukan pada pipa yang berada di antara *stinger* dengan *seabed* yang disebut dengan *S bend*. Tekukan yang terjadi tersebut harus dikontrol dengan sangat hati-hati untuk menghindari kejadian tekukan yang berlebihan atau *buckling distortion*.



Gambar 2.1 Sketsa Metode Reverse Lay



Gambar 2.2 Contoh *Barge* yang Digunakan untuk Metode *Reverse Lay*

Pipa yang telah beroperasi selama beberapa tahun umumnya akan mengalami perubahan bentuk maupun kekuatan, seperti pada desain proteksi untuk korosi (ketebalan *corrosion allowances*, ukuran anode, dan lain-lain). Jika pipa kurang dilakukan perawatan atau terjadi korosi maka metode *reverse lay* tidak dapat dilakukan untuk pengangkatan pipa tersebut. Metode ini tidak memerlukan banyak peralatan instalasi. Selain itu, dibutuhkan tingkat kemananan yang tinggi sehingga tidak mengganggu aktifitas pelayaran.

2. *Tow*

Metode *tow* dilakukan dengan cara pipa dipotong dan diangkat dengan *floater* (pelampung) ke permukaan kemudian pipa ditarik oleh *barge* dengan *tensioner* di kedua ujung pipa. Pipa digerakkan maju kemudian *towing head* menarik pelampung pada ujung pipa. Umumnya panjang *tow pipeline* mencapai ribuan *feet*. Stasiun pemotong (*cutting station*) berada diantara kedua ujung dimana *barge* berada. Banyaknya pelampung yang digunakan bergantung pada kemampuan *buoyancy* pipa yang akan ditarik serta kedalaman (dekat dengan dasar laut, dekat ke permukaan, atau diantaranya). Metode *tow* tidak memerlukan peralatan dan biaya yang besar. Selain itu, metode ini membutuhkan waktu yang lebih sedikit dari metode *reverse lay*.

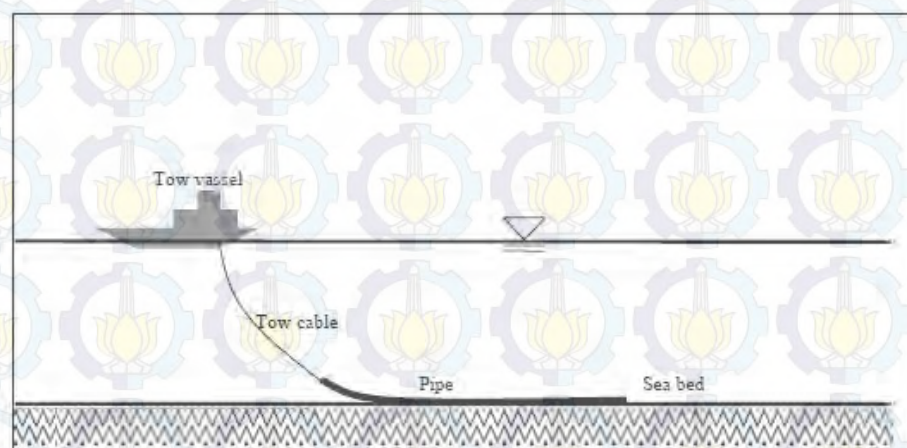
Kecelakaan ketika pipa dan peralatan diangkat ke permukaan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan pipa. Selain itu, jika pipa yang akan di *towing* terisi oleh air akan mengakibatkan resiko teggelam. Kemungkinan

terjadinya resiko ini sangat besar pada proses pegangkatan (*removal operations*) daripada proses instalasi karena kondisi pipa yang umumnya sudah mulai mengalami kerusakan.

a. *Bottom Tow*

Pada metode *bottom tow*, pipa bawah laut akan dipindahkan dengan cara menarik pipa yang berada di atas *seabed* dengan *barge* sampai ke pantai tanpa menggunakan pelampung. Panjang pipa yang ditarik disesuaikan dengan kapasitas penarik dari *barge* yang digunakan. Kapasitas *barge* penarik harus lebih besar dari jumlah berat pipa di air dan gaya gesekan yang dialami pipa dengan tanah.

Dalam pelaksanaan metode ini, terlebih dahulu harus dilakukan survey rute penarikan jalur pipa di dasar laut. Metode ini sangat tergantung pada kondisi lingkungan seperti kontur dasar laut dan arus dasar laut, serta kondisi pipa seperti pengaruh gesekan tanah terhadap selimut pipa (*coating*).

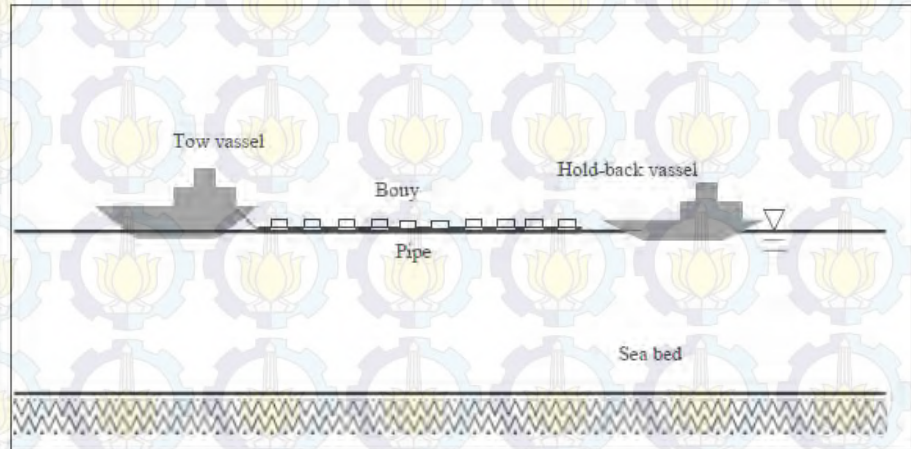


Gambar 2.3 Sketsa Metode *Bottom Tow*

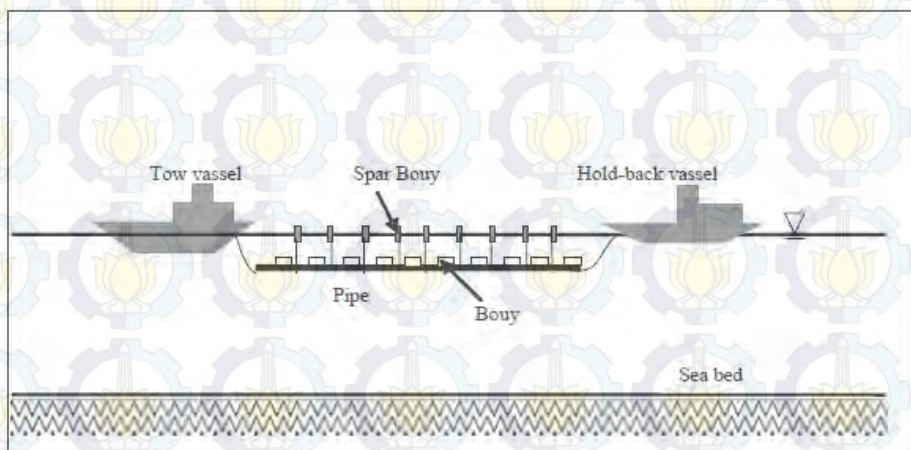
b. *Surface Tow* dan *Mid-Depth Tow*

Metode *surface tow* dilakukan dengan memasang *floater* atau pelampung pada pipa untuk membantu pipa berada di permukaan laut. Kemudian salah satu ujung pipa ditarik oleh *barge*. Sedangkan *mid-depth tow* dilakukan dengan cara mengapungkan pipa di bawah permukaan laut dengan menambahkan *spar buoy*. Kemudian salah satu ujung pipa akan

ditarik oleh *barge* menuju pantai. Pada kedua metode ini diperlukan dua buah *barge* di kedua ujung pipa yang berfungsi untuk mengontrol pengapungan rangkaian pipa. Dua *barge* tersebut terdiri dari *barge* penarik dan *barge* penahan.



Gambar 2.4 Sketsa Metode *Surface Tow*

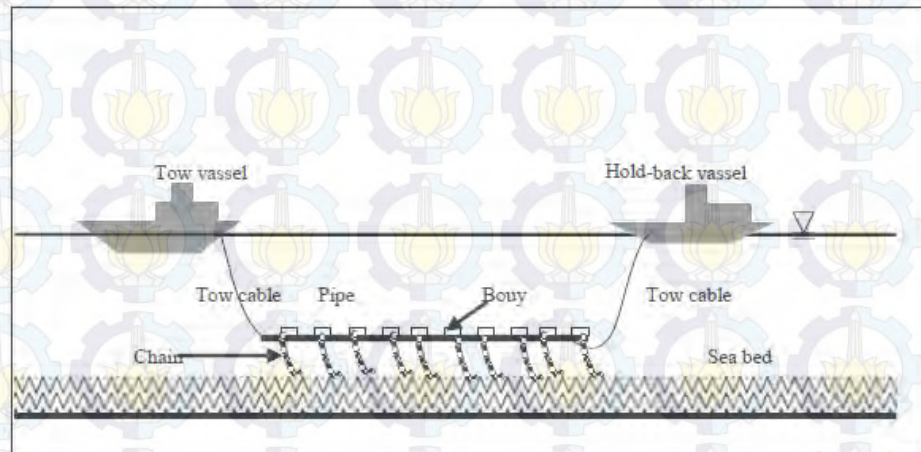


Gambar 2.5 Sketsa Metode *Mid-Depth Tow*

c. *Off-Bottom Tow*

Off-bottom tow adalah metode pengangkatan pipa yang diadaptasi dari metode *mid-depth tow*. Metode ini menggunakan dua buah *barge* dan *floaters* atau pelampung yang digunakan untuk mengangkat pipa. Yang membedakan metode *Off-bottom tow* dengan metode *mid-depth tow* adalah penggunaan rantai yang menggantung pada tiap *floaters*. Rantai ini berfungsi sebagai penyeimbang agar rangkaian pipa berada pada

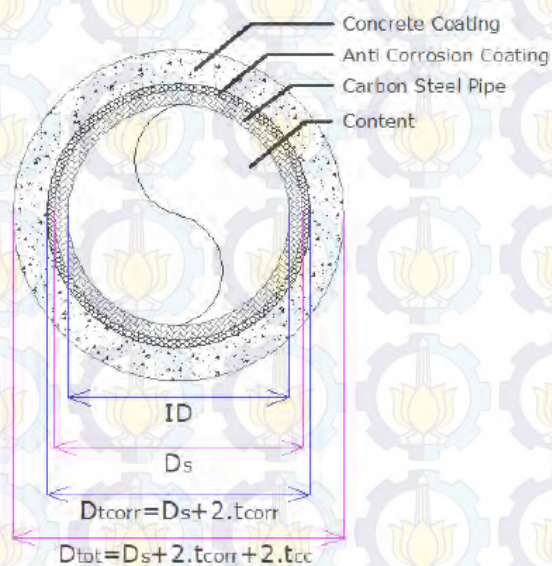
kedalaman yang ditentukan serta menahan pipa tetap stabil selama proses penarikan.



Gambar 2.6 Sketsa Metode *Off-Bottom Tow*

2.2.2 Perhitungan Properti Pipa

Pipa bawah laut umumnya memiliki beberapa lapisan pelindung. Pertama yaitu lapisan pipa baja, lapisan anti korosi, dan lapisan beton sebagai pemberat. Seluruh lapisan dari pipa tersebut akan memberikan berat (beban) pada pipa itu sendiri.



Gambar 2.7 Potongan Melintang Pipa Bawah Laut

Perhitungan berat pipa dibedakan menjadi tiga fase yaitu fase instalasi, fase hidrotess, dan fase operasi. Saat fase instalasi, pipa berada dalam kondisi tidak dialiri oleh fluida (kosong). Pada fase hidrotess, berat pipa yang dihitung ditambahkan dengan berat fluida (air) yang dialirkan pada pipa. Sedangkan pada fase operasi, berat pipa ditambahkan dengan berat fluida yang mengalir saat pipeline dioperasikan. Perhitungan kriteria pipa pada tugas akhir ini mengacu pada standar DNV RP E305 *On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines* serta analisa desain dalam standar *code* DNV RP F109. Berat pipa dirumuskan sebagai:

- Berat baja di udara (W_s)

$$W_s = \pi/4 (OD^2 - ID^2) \rho_s \cdot g$$

- Berat lapisan anti korosi di udara (W_{corr})

$$W_{corr} = \pi/4 ((OD + 2t_{corr})^2 - D_s^2) \cdot \rho_{corr} \cdot g$$

- Berat lapisan beton di udara (W_{cc})

$$W_{cc} = \pi/4 ((OD + 2t_{corr} + 2t_{cc})^2 - (OD + 2t_{corr})^2) \rho_{cc} \cdot g$$

- Berat fluida isi pipa di udara (W_{cont})

$$W_{cont} = \pi/4 ID^2 \cdot \rho_{cont} \cdot g$$

- Berat gaya apung pipa (W_{buoy})

$$W_{buoy} = \pi/4 (OD + 2t_{corr} + 2t_{cc})^2 \cdot \rho_{sw} \cdot g$$

- Berat total pipa di udara (W_{tot})

$$W_{tot} = W_s + W_{corr} + W_{cc} + W_{cont}$$

- Berat pipa efektif (W_{eff})

$$W_{eff} = W_{tot} + W_{buoy}$$

- Berat pipa dalam air (W_{sub})

$$W_{sub} = W_{tot} - W_{buoy}$$

$$W_{sub} = W_{eff} - 2W_{buoy}$$

dimana :

W_s = Berat pipa baja di udara, N/m

W_{corr} = Berat lapisan anti korosi di udara, N/m

W_{cc} = Berat lapisan beton di udara, N/m

W_{cont} = Berat *content* (isi pipa) di udara, N/m

W_{buoy} = Berat/gaya apung (*buoyancy*), N/m

W_{sub} = Berat pipa di dalam air (terendam) , N/m

W_{tot} = Berat total pipa di udara, N/m

W_{eff} = Berat pipa efektif, N/m

ρ_s = Massa jenis baja, kg/m^3

ρ_{corr} = Massa jenis lapisan anti korosi, kg/m^3

ρ_{cc} = Massa jenis lapisan beton, kg/m^3

ρ_{sw} = Massa jenis air laut, kg/m^3

ρ_{cont} = Massa jenis fluida isi (*content*), kg/m^3

2.2.3 Beban-beban pada Sistem Perpipaan

2.2.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*dead load*) merupakan beban berat yang dialami oleh pipa. Beban mati meliputi beban yang diakibatkan oleh berat komponen-komponen sistem perpipaan, berat isolator, dan beban permanen yang bekerja pada pipa tersebut.

2.2.3.2 Beban *Occasional* (*Occasional Load*)

Beban *occasional* merupakan beban dinamis yang bekerja pada sistem perpipaan yang disebabkan oleh beban gelombang yang mengenai pipa dan beban gempa yang terjadi di lokasi pipa.

2.2.4 Teori Gelombang

Persamaan kecepatan dan percepatan partikel gelombang pada arah horizontal pada teori gelombang Stokes Orde 2 dapat diketahui melalui persamaan (Chakrabarti, 1987) :

$$\text{Kecepatan horizontal (U)} : \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta$$

$$\text{Percepatan horizontal (u/t)} : \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta$$

dimana :

d = Kedalaman laut, m

k = Angka Gelombang

H = Tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau, m

T = Periode Gelombang, s

s = Jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut, m

L = Panjang gelombang pada kealaman yang ditinjau, m

2.2.5 Spektra Gelombang

Spektrum gelombang merupakan distribusi dari suatu energi gelombang sebagai fungsi dari frekuensi yang menerangkan jumlah total energi yang terpindahkan (*transmitted*) dari suatu daerah gelombang yang diberikan.

Umumnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S(\omega) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos 2\pi\omega\tau d\tau$$
$$R(\tau) = E [x(t)x(t + \tau)]$$

dimana :

ω = frekuensi gelombang, rad/s

$R(\tau)$ = fungsi *autocorrelation* permukaan air dengan seri waktu

Spektrum gelombang sangat dipengaruhi oleh gelombang bangkitan angin dan karakteristik statistic/spasial spektrum. Spektrum parameter tunggal yang paling sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu ada beberapa spectrum parameter ganda yang bisa digunakan adalah Bretschneider, Scott, ISSC. Sedangkan spectrum Jonswap merupakan spektrum yang menggunakan lima parameter, namun biasanya tiga diantaranya adalah konstan. Persamaan spektrum Jonswap merupakan modifikasi dari persamaan spectrum Pierson-Moskowitz yang disesuaikan pada kondisi laut yang ada (Gazali, Wardhana, Soedjono).

Spektra Jonswap dikemukakan Hasselman (1973) berdasarkan data yang diambil di perairan bagian barat Denmark untuk membuat model spectrum gelombang, dimana model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S(\omega) = E(f) \exp \left[-1.25 \left(\frac{f_p}{f} \right)^4 \right] \gamma^\Gamma$$

$$\Gamma = \exp \left[-\frac{(f - f_p)^2}{2\beta^2 f_p^2} \right]; E(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5}$$

dimana :

f = frekuensi, Hz

f_p = frekuensi puncak, Hz

α = konstanta Philip (*equilibrium-range parameter*)

$\beta = 0.07$ untuk $f < f_p$ atau $= 0.09$ untuk $f > f_p$

Menurut Hasselmann (1973, 1976) terdapat sedikit ketergantungan pada f_p dan α , maka dengan menggunakan kuantitas non-dimensional didapat dua hubungan empiris sebagai berikut :

$$\alpha = 0.076 \left(\frac{gX}{U^2} \right)^{-0.22}$$

$$\frac{U f_p}{g} = 3.5 \left(\frac{gX}{U^2} \right)^{-0.33}$$

dengan :

U = kecepatan angin yang paling sering terjadi 10 m diatas permukaan, m/s

X = panjang *fetch*, m

Persamaan Jonswap dewasa ini banyak dipakai untuk analisis bangunan lepas pantai di Indonesia dengan mengambil harga γ sekitar 2,0 s.d. 2,5.

2.2.6 Respon Struktur

Respon pada stuktur *offshore* akibat gelombang irregular dalam tiap-tiap frekuensi dapat diketahui dengan menggunakan metode spectra. Amplitude pada suatu respon secara umum hampir sama dengan amplitude gelombang. Bentuk normal suatu respon dari sistem linier tidak berbeda dengan bentuk amplitude gelombang dalam fungsi frekuensi gelombang. Jika fungsi respon struktur dibentuk berdasarkan range frekuensi gelombang yang bekerja, maka fungsi tersebut disebut *Respon Amplitude Operator* (RAO).

RAO atau sering disebut sebagai *transfer function* Karena RAO dapat mentransfer beban gelombang menjadi respon struktur. Namun RAO lebih sesuai diartikan sebagai respon amplitudo per unit amplitudo gelombang. Dalam perhitungan RAO, gelombang dianggap sebagai gelombang regular. Untuk sistem linier, fungsi respon pada frekuensi gelombang dapat dituliskan (Chakrabarti, 1987) :

$$\text{Response (t)} = (\text{RAO}) \eta (t)$$

Atau RAO dapat dirumuskan :

$$\text{RAO}(\omega) = X_p(\omega) / \eta(\omega)$$

$X_p(\omega)$ = amplitudo struktur, m

$\eta(\omega)$ = amplitudo gelombang, m

Response Amplitude Operator (RAO) umumnya disajikan dalam bentuk grafik dimana sumbu absisnya adalah berupa frekuensi sedangkan ordinatnya adalah rasio antara amplitudo gerakan benda pada mode tertentu dengan amplitudo gelombang (Djarmiko, 1987).

Beban lingkungan (arus, gelombang, dan angin) akan mempengaruhi gerakan yang terjadi pada *barge* ketika melakukan pengangkatan pipa. Sehingga untuk menjaga kestabilan posisi *barge* saat melakukan operasi, dibutuhkan sistem tambat (*mooring system*) yang berguna sebagai pengikat *barge* agar tetap berada pada posisinya.

Respon gerakan *barge* dengan adanya *mooring system* dibandingkan dengan tanpa *mooring system* secara umum tidak terlalu berbeda. Tetapi nilai gerakan RAO *barge* dengan *mooring system* relatif lebih kecil daripada nilai gerakan RAO tanpa *mooring system*. Hal ini dikarenakan pada *barge* yang terdapat *mooring system* terdapat gaya pengembali (*restoring force*) dari *chain line*.

Oleh karena itu untuk melakukan pemodelan pengangkatan pipa dibutuhkan analisa respon gerakan *barge free floating* agar dapat diketahui respon *barge* yang paling besar akibat beban lingkungan selama operasi. Sehingga saat proses pengangkatan pipa dengan menggunakan sistem tambat dapat dilakukan

dengan lebih aman. Selain itu, pemodelan *barge* yang dilakukan pada *Software Orcaflex* juga menggunakan input data hasil RAO *free floating* (tanpa *mooring system*).

2.2.7 Arus

Arus laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horizontal sehingga menuju keseimbangannya. Pergerakan massa air ini dapat dikarenakan tiupan angin, perbedaan densitas, atau pergerakan gelombang panjang. Pada penelitian ini kecepatan arus dapat mempengaruhi besarnya tegangan yang mengenai pipa. Oleh sebab itu, pada perhitungannya dimasukkan pula data arus sebagai salah satu beban lingkungan. Data arus yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan arus yang seragam pada setiap kedalamannya. Untuk menghitung kecepatan arus rata-rata dapat diperoleh dari data kecepatan dan arah arus tiap jam. Kecepatan rata-rata arus dirumuskan sebagai:

$$U_c = \int_e^{e+D} U(z) dz = U_{z_r} \cdot R_{dc}$$

$$R_{dc} = \frac{1}{\ln\left(\frac{z_r}{z_o}\right)} \left\{ \left(\frac{e}{D_T} + 1 \right) \ln\left(\frac{e + D_T}{z_o} \right) - \left(\frac{e}{D_T} \right) \ln\left(\frac{e}{z_o} \right) - 1 \right\}$$

dimana :

U_c = Kecepatan rata-rata arus, m/s

U_{z_r} = Kecepatan arus pada kedalaman referensi, m/s

Z_r = Kedalaman referensi, m

Z_o = Parameter kekasaran seabed

e = Lebar gap antara pipa dengan seabed, m

D_T = Diameter total pipa (seluruh lapisan), m

R_{dc} = Faktor reduksi arus

2.2.8 Analisa Gaya dan Tegangan Pipa

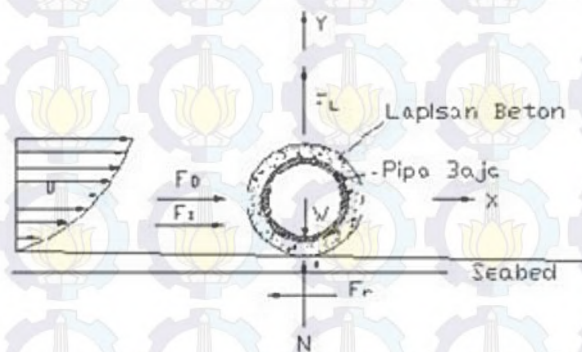
Kestabilan pipa bawah laut sangat dipengaruhi oleh berat *pipeline* serta gaya-gaya lingkungan yang bekerja di sekitar *pipeline*. Gaya-gaya yang mempengaruhi analisa kestabilan diantaranya adalah gaya gesek tanah yang

terjadi antara pipa dengan permukaan dasar laut serta gaya hidrodinamika yang terdiri dari gaya seret, gaya inersia, dan gaya angkat.

2.2.8.1 Gaya Hidrodinamis Pipa

Gaya hidrodinamis pipa merupakan gaya yang bekerja pada pipa yang diakibatkan oleh aliran air laut di sekeliling pipa. Gaya ini akan mempengaruhi stabilitas pipa, yaitu kemampuan pipa untuk tetap berada pada tempatnya ketika menerima beban lingkungan yang ekstrem maupun siklis. Stabilitas pipa bawah laut terbagi menjadi stabilitas lateral dan stabilitas vertikal. Pada stabilitas lateral, kestabilan pipa dipengaruhi oleh gaya hidrodinamis akibat kecepatan dan percepatan relatif partikel air di sekitar pipa. Sedangkan stabilitas vertikal dipengaruhi oleh *specific gravity*.

Secara umum, pipa yang diletakkan di dasar laut akan mengalami gaya yang mempengaruhinya seperti gaya berat pipa, gaya seret (*drag*), gaya inersia, gaya angkat (*lift*), serta gaya gesek pipa dengan tanah.



Gambar 2.8 Gaya hidrodinamis yang bekerja pada pipa (Mouselli, 1981)

dimana :

W = Berat pipa yang tenggelam (lapisan beton, pipa baja, dan isinya), N/m

F_D = Gaya *drag*, N/m

F_I = Gaya inersia, N/m

F_L = Gaya *lift*, N/m

N = Gaya normal

F_r = Tahanan gesek

U = Kecepatan aliran pada lapisan batas, m/s

Θ = Kemiringan dasar laut, deg ($^{\circ}$)

Gaya-gaya hidrodinamika yang terjadi di dasar laut akan dihitung dengan menggunakan persamaan Morisson. Persamaan ini berlaku pada pipa yang memiliki perbandingan diameter dan panjang gelombang adalah $D/L \leq 0,2$.

- **Gaya Seret (*Drag Force*)**

Gaya seret (*drag force*) adalah gaya arah horizontal yang diakibatkan oleh arus yang terjadi di bawah permukaan laut. Gaya ini terjadi karena adanya gesekan fluida dengan dinding pipa (*skin friction*) dan *vortex* yang terjadi di belakang struktur. Persamaan gaya seret yang terjadi pada pipa berbentuk silinder dapat dihitung dengan persamaan Morrison yang dirumuskan sebagai:

$$F_D = 0,5 \cdot \rho \cdot C_D \cdot D \cdot U \cdot |U|$$

dimana :

F_D = Gaya seret per satuan panjang, N/m

ρ = Massa jenis fluida, kg/m^3

C_D = koefisien seret

D = Diameter pipa, m

U = Kecepatan arus air total, m/s

- **Gaya Inersia (*Inertia Force*)**

Gaya inersia merupakan gaya yang terjadi pada pipa yang diakibatkan oleh gaya perubahan perpindahan massa air. Faktor yang mempengaruhi gaya inersia adalah partikel air. Perpindahan massa diakibatkan oleh fluktuasi percepatan arus. Nilai gaya inersia yang terjadi pada pipa berbentuk silinder dirumuskan sebagai:

$$F_I = \rho \cdot C_I \cdot A \cdot \dot{U}$$

dimana :

F_I = Gaya inersia, N/m

ρ = Massa jenis fluida, kg/m^3

C_I = Koefisien inersia = $C_M + 1$

C_M = Koefisien *added mass*

A = Luas penampang pipa, m^2

\dot{U} = Percepatan arus, m/s

- **Gaya Morisson Total**

Gaya Morisson total merupakan penjumlahan dari gaya seret dan gaya inersia yang bekerja pada pipa. Gaya Morisson dituliskan sebagai:

$$F = (0,5 \cdot \rho \cdot C_D \cdot D \cdot U \cdot |U|) + (\rho \cdot C_I \cdot A \cdot \dot{U})$$

- **Gaya Angkat (*Lift Force*)**

Gaya angkat (*lift force*) adalah gaya yang terjadi akibat perbedaan konsentrasi streamline di atas pipa. Gaya ini bekerja pada arah tegak lurus arah rambatan gelombang atau arus. Konsentrasi streamline pada bagian atas pipa membuat kecepatan arus pada bagian tersebut menjadi lebih besar. Hal ini menyebabkan tekanan hidrodinamik mengecil kemudian mengakibatkan pipa terangkat. Kemudian konsentrasi *streamline* pada pipa akan terjadi di bagian bawah pipa dengan proses yang sama pipa akan jatuh. Gaya ini disebut juga dengan gaya angkat yang bernilai negatif. Persamaan gaya angkat dirumuskan sebagai:

$$F_L = C_L \frac{\rho D}{2} U^2$$

dimana :

F_L = Gaya angkat, N/m

ρ = Berat jenis fluida, kg/m^3

C_L = Koefisien angkat

D = Diameter pipa, m

U = Kecepatan partikel air arah tegak lurus dengan gaya angkat, m/s

- **Koefisien Hidrodinamik**

Perhitungan koefisien hidrodinamik diperlukan untuk melakukan perhitungan gaya-gaya hidrodinamika. Mouselli menyatakan bahwa nilai dari koefisien hidrodinamika didapatkan dari bilangan *Reynold* yang dirumuskan seperti :

$$Re = \frac{(U_s + U_D) \cdot D}{\nu}$$

dimana :

U_s = Kecepatan arus signifikan, m/s

U_D = Kecepatan partikel air, m/s

D = Diameter luar pipa, m

ν = Viskositas kinematik

2.2.8.2 Gaya Gesek (*Friction Force*)

Gaya gesek merupakan gaya reaksi yang timbul akibat gaya yang diberikan pada pipa. Pada pipa bawah laut, gaya gesek terjadi karena pipa yang diletakkan di dasar laut dikenai gaya arah horizontal. Sehingga akan timbul gaya reaksi pada bidang sentuh antara pipa dengan dasar laut. Pada pipa bawah laut, gaya gesek bermanfaat dalam menjaga kestabilan agar pipa tidak mudah bergerak atau bergeser. Gaya gesek dipengaruhi oleh koefisien gesek (η) antara permukaan luar pipa dengan dasar laut. Besarnya koefisien gesek dipengaruhi oleh jenis material pipa dan jenis tanah.

2.2.8.3 Gaya Apung (*Buoyancy Force*)

Gaya apung (*buoyancy*) merupakan perbedaan gaya yang bekerja pada arah vertikal yaitu gaya angkat ke atas dan gaya ke arah bawah. Apabila gaya angkat ke atas dan gaya arah ke bawah besarnya sama maka dapat dikatakan benda tersebut dalam keadaan setimbang. Persamaan gaya apung dirumuskan sebagai:

$$F_B = \rho \cdot g \cdot v$$

dimana :

F_B = Gaya apung / angkat / buoyancy, N/m

ρ = Massa jenis zat cair, kg/m³

g = Percepatan gravitasi, m/s²

v = Volume benda yang tercelup, m³

2.2.8.4 Tekanan *Longitudinal* (*Longitudinal Stress*)

Tekanan *longitudinal* terjadi akibat tegangan aksial yang bekerja pada penampang pipa. Tekanan ini merupakan penjumlahan dari *thermal stress* dan *poisson's effect*. Persamaannya dituliskan sebagai:

$$\sigma_L = \sigma_T + \sigma_P$$

dimana :

σ_L = Tekanan *Longitudinal*

σ_T = Tekanan *Thermal*

σ_P = *Poisson's effect*

Thermal stress merupakan tegangan yang terjadi akibat pemuaian yang terjadi pada pipa. Persamaannya dituliskan sebagai:

$$\sigma_T = E \cdot \alpha_T \cdot \Delta T$$

dimana :

E = modulus elastisitas baja ($3,0 \times 10^7$ psi)

α_T = Koefisien ekspansi thermal

ΔT = Perbedaan temperatur kondisi instalasi dan operasi

Sedangkan *poisson's effect* adalah tegangan yang terjadi akibat adanya tegangan residual (sisa) saat fabrikasi pipa. Persamaan *poisson's effect* dituliskan sebagai:

$$\sigma_P = \nu \left(\frac{P_i (ID - 2t) - P_e D}{2t} \right)$$

Atau dapat pula dirumuskan:

$$\sigma_P = \nu \cdot \sigma_H$$

dimana :

ν = *Poisson's ratio* (0,3 untuk carbon steel)

P_i = Tekanan *internal*

P_e = Tekanan eksternal

ID = Diameter dalam, m

D = Diameter luar, m

t = Ketebalan dinding pipa, m

σ_H = Tegangan *Hoop*

2.2.8.5 Equivalent Stress

Equivalent stress merupakan jumlah resultan seluruh tegangan yang terjadi pada pipa. Persamaan tegangan ekuivalen dirumuskan dengan persamaan *von mises* seperti:

$$\sigma_E = (\sigma_H^2 + \sigma_L^2 - \sigma_H \cdot \sigma_L + 3\tau_x)^{1/2}$$

dimana :

σ_E = Tegangan ekuivalen

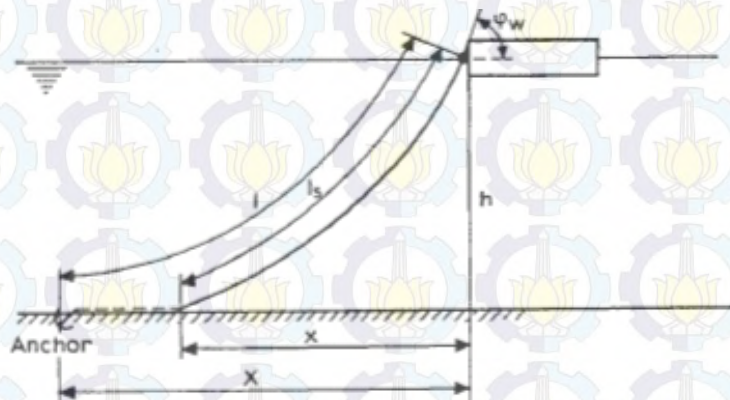
σ_H = Tegangan *hoop*

σ_L = Tegangan longitudinal

Besarnya tegangan geser tangensial τ_x dianggap kecil (diabaikan) karena nilainya yang tidak sebanding dengan nilai tegangan lainnya.

2.2.9 Konfigurasi Mooring Line

Penentuan konfigurasi *mooring* bergantung pada besar beban horizontal yang terjadi. Menurut API RP 2P, tipe *mooring system* dibagi menjadi tiga kategori yaitu *wire rope system*, *all chain system*, serta kombinasi dari *chain* dan *wire rope system*.



Gambar 2.9 Konfigurasi Mooring Line

Panjang minimum dari *mooring* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$l_{min} = h(2 \frac{T_{max}}{\omega h} - 1)^{1/2}$$

$$T_{max} = T_H + \omega h$$

dimana :

l_{min} = Panjang minimum *anchor line*, m

h = $h_m + h_c$, m

h_m = Kedalaman perairan, m

h_c = Tinggi *fairlead* dari permukaan air, m

w = *Submerged weight* dari *mooring*, kN/m

T_H = Gaya horizontal pada *mooring* di *fairlead*, kN

T_{max} = Tension pada *mooring* di *fairlead*, kN

Sedangkan untuk menentukan jarak horizontal *anchor line* dapat menggunakan rumus :

$$X = l - l_s + x$$

Dimana :

$$l_s = a \sinh \left(\frac{x}{a} \right)$$

$$a = \frac{T_H}{\omega}$$

$$h = a \left[\cosh \left(\frac{x}{a} \right) - 1 \right]$$

$$5 \leq \frac{l_s}{h} \leq 20$$

X = Panjang *offset*, m

x = Jarak anchor hingga menyentuh tanah, m

$l = l_{min}$ = Panjang minimum *anchor line*, m

l_s = Panjang *anchor* hingga menyentuh tanah, m

2.2.10 Analisa Dinamik

Pada penelitian ini dilakukan analisa dinamik dengan cara memodelkan atau simulasi dinamik secara menyeluruh terhadap proses *removal* pipa. Diantaranya adalah perhitungan soil resistance, gaya-gaya hidrodinamika dan tegangan yang bekerja, serta respon dinamis. analisa dinamis dilakukan untuk mengetahui gaya dan tegangan yang bekerja pada pipa secara terperinci. Sehingga dapat diketahui area kritis yang terjadi di sepanjang pipa.

2.2.10.1 Pemodelan dengan Software Orcaflex

Orcaflex adalah *software* yang digunakan dalam bidang rekayasa kelautan, terutama untuk analisa statis dan dinamis dari stuktur terapung. Beberapa analisa yang dapat dilakukan dengan *software orcaflex* diantaranya *moorings, production, drilling, and installation risers, pipelay and recovery, offloading systems, towed systems*, dan lain-lain. Untuk melakukan analisis statis dan dinamis dengan *orcaflex*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan respon struktur dengan *Moses*. *Output* respon dari *Moses* ini kemudian digunakan sebagai input pada *Orcaflex* untuk dapat dilakukan analisis secara *time domain*. Selain itu juga dilakukan input data struktur dan data lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan beban pengangkatan (*removal*) dengan menganalisis tegangan yang terjadi di sepanjang *pipeline*.

1. Pendahuluan Software Orcaflex

Orcaflex adalah *software* yang digunakan dalam bidang rekayasa kelautan, terutama untuk analisa statis dan dinamis dari stuktur terapung. Beberapa analisa yang dapat dilakukan dengan *software orcaflex* diantaranya *moorings, production, drilling, and installation risers, pipelay and recovery, offloading systems, towed systems*, dan lain-lain. Analisis sebuah struktur diawali dengan pengumpulan parameter data yang diperlukan, kemudian melakukan pemodelan terhadap konstruksi yang direncanakan. Pemodelan terhadap struktur dengan menggunakan *software orcaflex* dilakukan dengan menggunakan:

- Pemodelan struktur

Pemodelan terhadap struktur yang akan dianalisa dilakukan dengan membuat suatu model sesuai tipe struktur yang direncanakan.

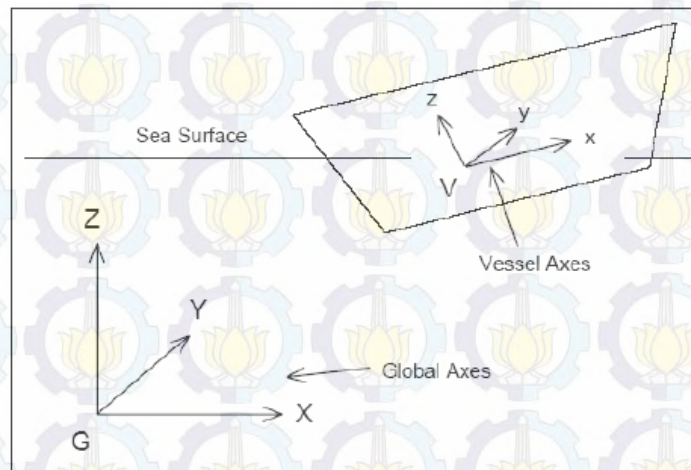
- Pemodelan kondisi lingkungan

Pemodelan kondisi lingkungan dilakukan dengan memodelkan kondisi lingkungan laut sekitar struktur dengan menetapkan parameter-parameter lingkungannya seperti batas permukaan, batas dasar laut (*seabed*), data gelombang, arus, dan sebagainya.

Pada dasarnya *orcaflex* merupakan program berdasarkan 3D *non-linear finite element*, sehingga program ini dapat menganalisa perpindahan yang besar pada struktur fleksibel seperti *riser* atau kabel *mooring*.

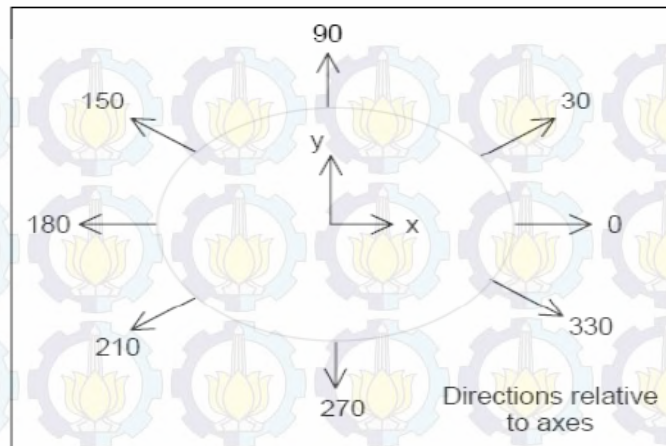
- **Sistem Koordinat dan Arah**

Orcaflex menggunakan sistem koordinat GXYZ, dimana G adalah titik pusat global dan GX, GY, dan GZ adalah arah koordinat global. Selain itu, terdapat pula system koordinat lokal yang terdapat pada setiap objek yang terdapat pada model. Semua sistem koordinat pada *orcaflex* menggunakan aturan tangan kanan seperti pada gambar :



Gambar 2.10 Koordinat Sistem (*Orcaflex User Manual Ver.9.2*)

Arah gelombang, arus, atau angin yang ditentukan dalam *orcaflex* mengikuti arah yang terdapat pada diagram *cartesius*, dimana arah positif mengikuti arah x dan y dari koordinat global.



Gambar 2.11 Ilustrasi Arah Global (*Orcaflex User Manual Ver.9.2*)

- **Analisa Statis Software Orcaflex**

Analisa statis merupakan analisis terhadap kemampulayanan model dalam menerima beban statis yang bekerja. Untuk mengevaluasi kemampulayanan struktur tersebut dapat dilihat dengan memeriksa tegangan pada elemen-elemen platform dibandingkan dengan tegangan yang diizinkan. Analisa statis memiliki dua tujuan yaitu untuk menentukan konfigurasi kesetimbangan dari system berdasarkan berat sendiri, gaya apung, *hydrodynamics drag*, dan lain-lain, serta untuk menyediakan konfigurasi awal model untuk simulasi dinamis.

- **Analisa Statis pada Line**

Tahap pertama analisa statis adalah menghitung konfigurasi *line* yaitu posisi semua titik pada *line*. Tahap ini dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu; *catenary*, *spline*, *quick*, atau *prescribed*.

- a. *Catenary Statics*

Analisa dengan metode ini menghitung posisi kesetimbangan pada line dan efek berat, gaya apung, elastisitas aksial, *drag*, *seabed touchdown*, dan friksi. Namun metode ini mengabaikan efek akibat lentur dan kekakuan torsi pada *line* atau pada kedua ujung line dan mengabaikan gaya kontak antara *line* dengan *solid shapes* dalam model.

- b. *Spline Statics*

Metode *spline* memberikan bentuk awal berdasarkan kurva *spline Bezier*. Namun hasil ini bukan merupakan posisi kesetimbangan, oleh karena itu, penghitungan *full statics* perlu dilakukan dalam analisa ini.

c. *Quick statics*

Metode ini mengabaikan banyak efek diantaranya gaya apung, *drag*, kelenturan, kekakuan torsi dan interaksi *seabed* dan *solid shapes*.

d. *Prescribed statics*

Metode ini dibutuhkan dalam analisa instalasi tepatnya penegangan *riser*. Metode ini menyediakan cara yang baik dalam menciptakan *line* yang terbaring pada *seabed* sebagai posisi awal.

Tahap kedua adalah analisa full statics yang merupakan tahap opsional (bias dilakukan atau tidak). Jika dilakukan analisa *full statics* maka pada akhir penghitungan akan mendapatkan posisi kesetimbangan dari *line* yang sebenarnya. Metode *full statics* melibatkan semua gaya yang bekerja pada model struktur dalam orcaflex, termasuk efek akibat kekakuan lentur dan interaksi dengan *shapes*.

- **Analisa Statis Pada *Buoy* dan *Vessel***

Dalam analisa statis untuk penghitungan *buoy* atau *vessel* terdapat dua pilihan yaitu pertama, *buoy* dan *vessel* disertakan dalam analisa statis. Dalam analisa tersebut *buoy* dan *vessel* ditentukan oleh orcaflex posisi kesetimbangannya dalam keseluruhan system. Kedua adalah *buoy* dan *vessel* tidak disertakan dalam analisis statis. Dalam analisa ini posisi inisial *buoy* dan *vessel* merupakan posisi yang digunakan konfigurasi kesetimbangan system.

- **Analisa Dinamis *Software Orcaflex***

Analisa dinamis adalah analisa yang dilakukan berdasarkan simulasi pergerakan model struktur dalam kurun periode/waktu tertentu, yang dimulai dari posisi kesetimbangan yang telah dianalisa pada analisa statis. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur dalam menerima gaya dari berbagai arah dan besar gaya. Seperti halnya analisa statis, analisa dinamis juga bertujuan untuk memeriksa tegangan yang terjadi pada elemen-elemen struktur.

- **Pemodelan Sistem**

Untuk melakukan analisa terhadap suatu marine system, langkah pertama adalah membuat suatu model matematis dari struktur dan kondisi lingkungan sebenarnya. Objek-objek yang dibutuhkan dalam pemodelan diantaranya:

a. *Object Connections*

Lines, links, winches, vessel, 3D buoy, 6D buoy, dan shapes adalah objek yang terdapat pada program orcaflex untuk memodelkan suatu struktur. Objek-objek tersebut dapat dihubungkan antara satu dengan lainnya.

b. *Pemodelan Vessel*

Vessel biasanya digunakan untuk memodelkan kapal, anjungan terapung, FPSO, atau *rigid body* lainnya. Setiap *vessel* memiliki tipe *vessel* yang mempunyai data RAO dan gambar yang spesifik. Pergerakan *motion* dalam orcaflex dibagi menjadi *primary motions* dan *superimposed motions*.

2. Pemodelan Kondisi Lingkungan

3. Pemodelan Kondisi Perairan

Hal-hal yang diperhitungkan dalam pemodelan adalah:

- a. Elevasi muka air
- b. Viskositas kinematik fluida
- c. Temperatur fluida
- d. Variasi massa jenis air horizontal
- e. Variasi massa jenis air vertikal
- f. Massa jenis air

• **Pemodelan Kondisi Dasar Laut (*Seabed*)**

Hal-hal yang diperhitungkan dalam pemodelan adalah:

- a. Tipe permukaan dasar laut
- b. Kedalaman
- c. Kemiringan
- d. *Stiffness*
- e. *Damping*

• **Pemodelan Kondisi Arus**

Hal-hal yang diperhitungkan dalam pemodelan adalah:

- a. Variasi arus secara horizontal
- b. Variasi arus secara vertikal
- c. Kecepatan arus
- d. Arah arus

- e. Kedalaman kerja arus
- f. Koefisien kedalaman

- **Pemodelan Kondisi Angin**

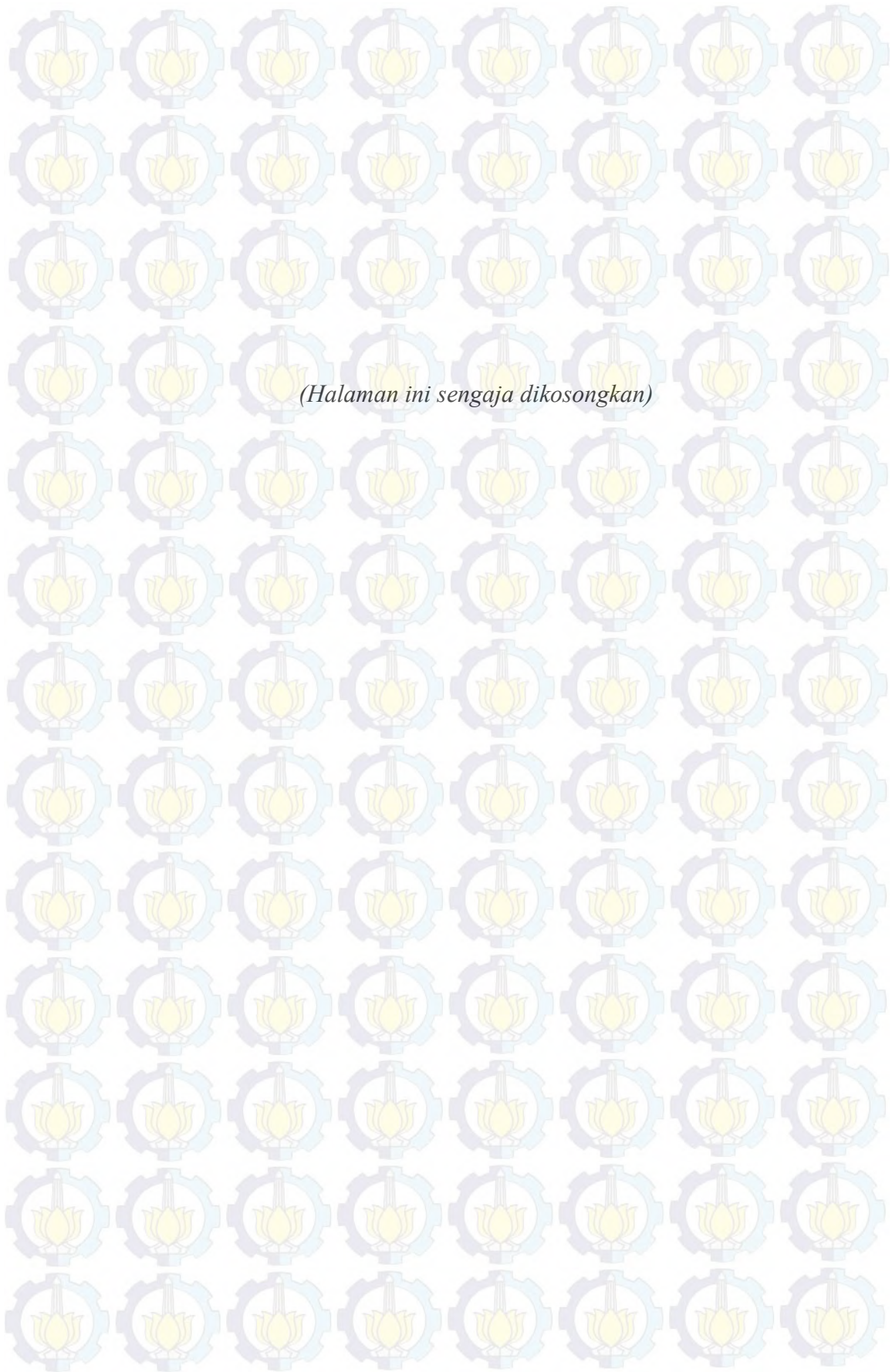
Hal-hal yang diperhitungkan dalam pemodelan adalah:

- a. Massa jenis udara
- b. Tipe kecepatan angin
- c. Kecepatan angin
- d. Arah angin

- **Pemodelan Kondisi Gelombang**

Hal-hal yang diperhitungkan dalam pemodelan adalah:

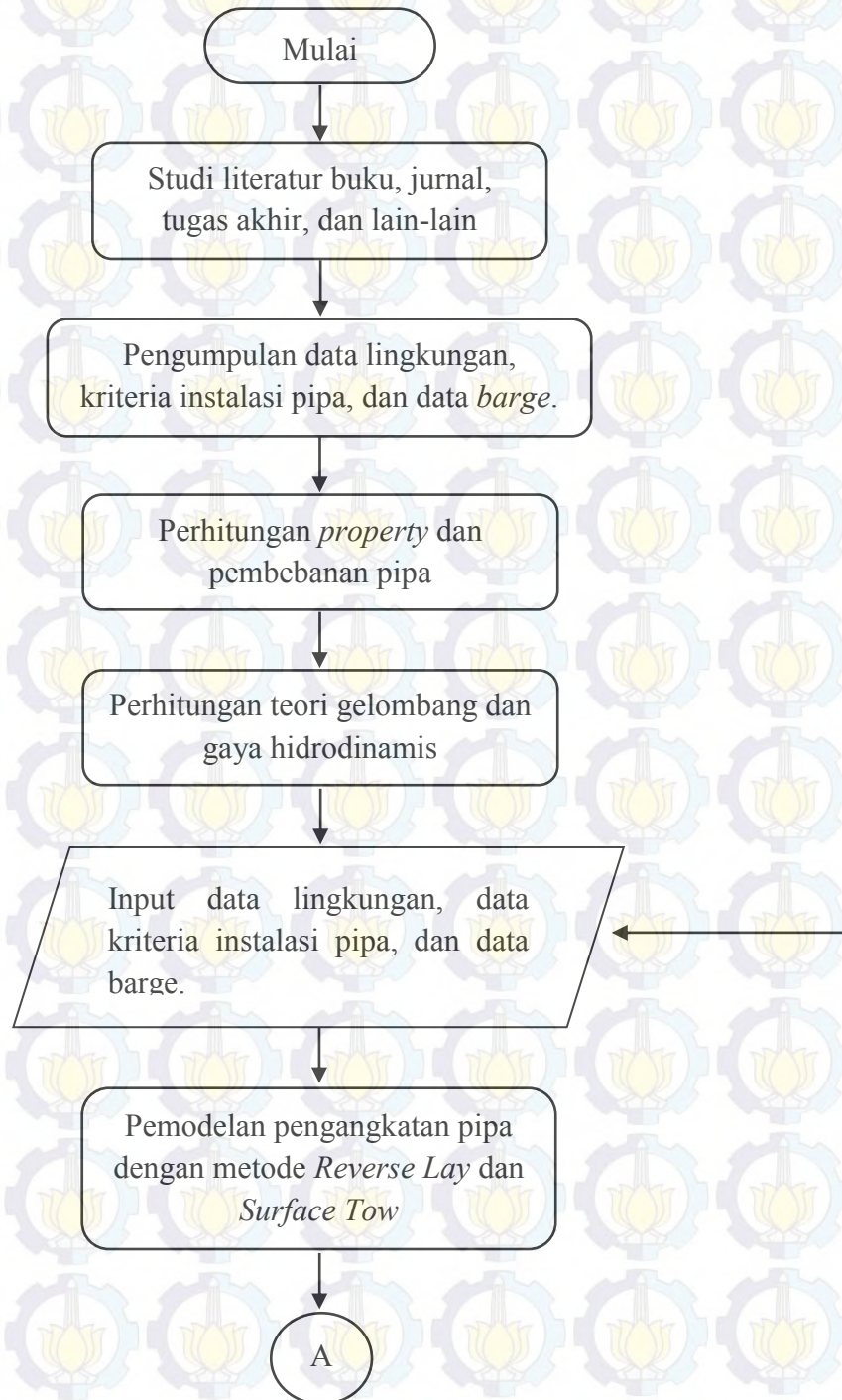
- a. Tipe analisa gelombang
- b. Amplitude gelombang
- c. Periode gelombang
- d. Arah gelombang

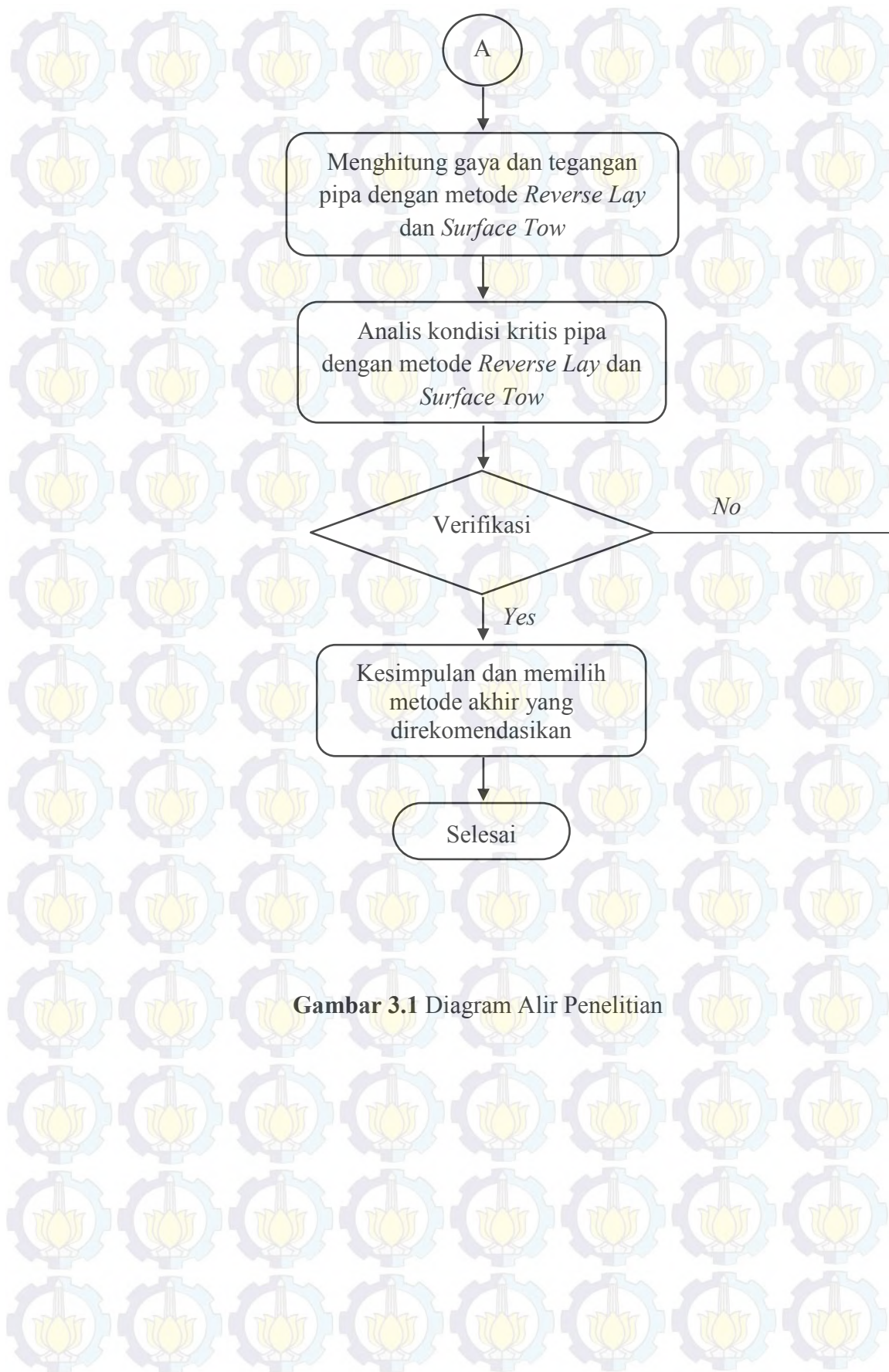


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

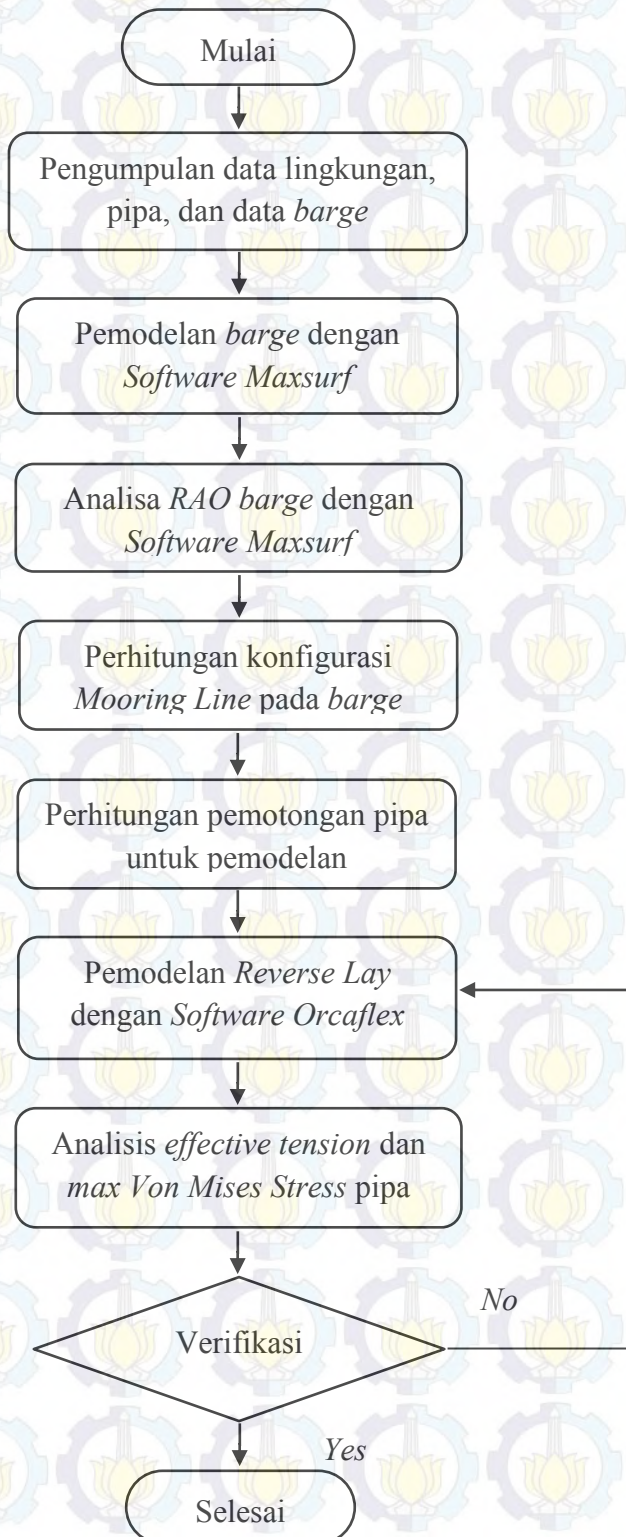
Metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pengerjaan seperti pada gambar 3.1 berikut :





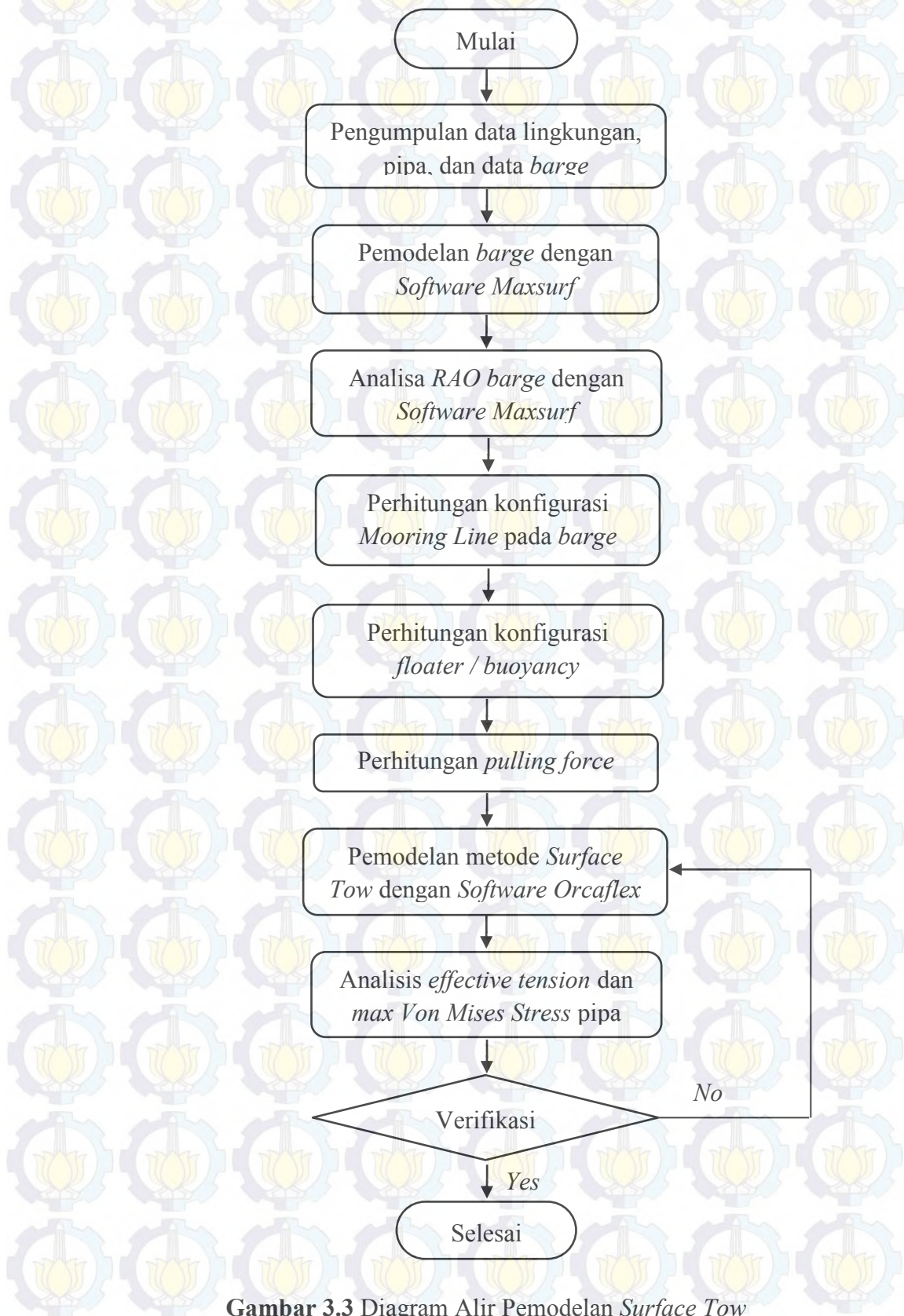
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada analisa pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* digambarkan seperti:



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan Metode *Reverse Lay*

Sedangkan diagram alir untuk analisa pengangkatan pipa dengan metode *Surface Tow* digambarkan seperti :



Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan *Surface Tow*

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam diagram alir tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur baik dari buku, jurnal, tugas akhir, atau referensi lain yang berkaitan dengan materi metode *removal pipeline* sebagai bahan penunjang penelitian ini.
2. Melakukan pengumpulan data lingkungan dan data instalasi pipa, dimana data pipa menggunakan data *pipeline* milik *Kodeco Energy Co., Ltd.*
3. Melakukan perhitungan teori gelombang, perhitungan kriteria properti pipa, beban lingkungan, serta gaya-gaya hidrodinamis pada pipa.
4. Melakukan pemodelan *barge Alpha DMB 88* dengan menggunakan *Software Maxsurf*, yang kemudian menghasilkan nilai dan grafik *Response Amplitude Operator* (RAO) yang digunakan sebagai input pemodelan selanjutnya.
5. Melakukan perhitungan konfigurasi *mooring line* untuk menentukan panjang *mooring* yang kemudian dimodelkan di *Software Orcaflex*.
6. Melakukan perhitungan pemotongan pipa yang akan digunakan sebagai pemodelan *Reverse Lay*.
7. Melakukan perhitungan konfigurasi *floater* dan *pulling force* yang akan digunakan untuk pemodelan *Surface Tow*.
8. Melakukan pemodelan pengangkatan pipa dengan melakukan input data lingkungan, data instalasi pipa, dan data *barge* yang diperlukan sesuai dengan pemodelan menggunakan metode-metode yang telah dipilih pada *Software Orcaflex*.
9. Melakukan perhitungan gaya-gaya dan tegangan yang bekerja pada pipa, kemudian dilakukan analisa untuk menentukan kondisi kritis yang terjadi di sepanjang pipa saat pengangkatan.
10. Melakukan verifikasi nilai tegangan yang didapatkan agar tidak melebihi batas tegangan yang diijinkan.
11. Melakukan kesimpulan dari hasil analisa dan perhitungan pengangkatan pipa, yaitu dengan memilih metode akhir yang digunakan untuk

pengangkatan pipa setelah mengetahui nilai gaya, tegangan, dan kondisi kritisnya, serta hasil analisa pemilihan berdasarkan kriteria seleksi.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan data *pipeline* 16" PPP-ORF KP 35 - KP 36 dan KP 42 - KP 46 milik *Kodeco Energy Co., Ltd* yang terletak di Alur Pelayaran Selat Madura.

4.1.1 Data *Pipeline* KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46

Tabel 4.1 Data *Pipeline* KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46

Data Pipa	Nilai	Unit
<i>Outside Diameter (OD)</i>	16	inci
<i>Wall thickness (t)</i>	0,5	inci
<i>Pipe coating coaltar enamel, thick</i>	0,157	inci
<i>Concrete coating, thick</i>	1	inci
<i>Location buried under seabed</i>	3	M
<i>Max. operation pressure</i>	900	Psig
<i>Design Pressure</i>	1350	Psig
<i>Test Pressure</i>	1890	Psig
<i>Water depth</i>	10,8	M
<i>Gravity Acc</i>	9,807	m/s ²
<i>Steel Density</i>	7850	kg/m ³
<i>Design water depth</i>	55,6	M
<i>Cathodic protection</i>	<i>sacrificial anode aluminium alloy (bracelet)</i>	
<i>Class</i>	API 5L X 52 P SL 2	
<i>Matter carrier</i>	Gas	
<i>SMYS</i>	52	Ksi
	358,53	Mpa
<i>Young's Modulus</i>	207000	N/mm ²
<i>Poisson's Ratio</i>	0,3	

Tabel 4.2 Data Pelindung Korosi

<i>Anti Corrosion</i>	
<i>Type</i>	<i>Asphalt Enamel</i>
<i>Thickness</i>	0,217 in

	(5,5 mm)
<i>Density</i>	81,2 pcf (1300 kg/m ³)
<i>Cutback</i>	9,1 in (230 mm)
Concrete Coating	
<i>Type</i>	High Density Concrete
<i>Thickness</i>	1,00 in (25,4 mm)
<i>Density</i>	190 pcf (3043 kg/m ³)
<i>Cutback</i>	15 in (380 mm)
<i>Water absorption</i>	5%
<i>Anti Corrosion Field Joint</i>	9,36 pcf
<i>Material Density</i>	(150 kg/m ³)

4.1.2 Data Lingkungan

Tabel 4.3 Data Lingkungan pada KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46

Data Lingkungan	Nilai
<i>Chart Depth</i>	66 ft
<i>Highest Astronomical Tide</i>	6 ft
<i>Storm Tide</i>	0,4 ft
<i>Total Tide</i>	6,4 ft
<i>Still Water Depth</i>	72,4 ft
<i>Height of Significant Wave</i>	8,6 ft
<i>Period of Significant Wave</i>	6,8 sec
<i>Spectral Peak Period</i>	7,7 sec
<i>Crest Elevation of Wave Above SWL</i>	8,9 ft
<i>Crest Elevation of Wave Above Chart Datum</i>	15,3 ft
<i>Crest Elevation of Wave Above Bottom</i>	81,3 ft
<i>Trough Elevation of Wave Above Bottom</i>	65,3 ft
<i>1 Hour Wind</i>	31 Mph
<i>0,5 Hour Wind</i>	33 Mph
<i>1 Minute Wind</i>	40 Mph
<i>Maximum Instantaneous Gust</i>	48 Mph

4.1.3 Data Barge

Tabel 4.4 *Main Dimension of ALPHA DMB 88*

Data Vessel	Nilai
<i>Length over all</i>	62 m
<i>Length betw. perp.</i>	60 m
<i>Breadth</i>	11 m
<i>Depth</i>	3 m
<i>Draft</i>	1,99 m
<i>Displacement weight</i>	1344 MT

4.2 Pembahasan

Pada sub bab pembahasan ini, dilakukan pengolahan data sekaligus analisa permasalahan yang terdapat dalam Tugas Akhir. Analisa pertama yang dilakukan adalah membandingkan metode yang paling tepat digunakan pada pengangkatan pipa yang terletak di arus pelayaran Selat Madura. Setelah mendapatkan metode yang paling tepat, selanjutnya adalah menghitung besar tegangan dan gaya-gaya yang bekerja pada pipa. Langkah terakhir adalah menganalisa kondisi kritis yang terjadi pada pipa akibat proses pengangkatan.

Perhitungan dan pengolahan data pada tugas akhir ini data dapat berupa tabel, grafik serta gambar. Selanjutnya, perhitungan dan pembahasan lebih detailnya akan dilampirkan dalam laporan Tugas Akhir.

4.2.1 Pemilihan Metode Pengangkatan Pipa

4.2.1.1 Selection Criteria

1. Konsumsi Energi

Pemindahan pipa menggunakan *vessel* memerlukan konsumsi energi yang sangat besar, salah satunya adalah energi yang dibutuhkan untuk menjalankan *barge*. Konsumsi energi untuk pengangkatan pipa 70% lebih besar daripada energi yang dibutuhkan jika dilakukan metode *leaving in place* (pipa ditinggalkan di tempat aslinya).

2. Kemudahan Teknis

Pemilihan metode pengangkatan pipa salah satunya memperhitungkan kriteria kemudahan teknis. Kriteria kemudahan teknis yang dimaksudkan adalah

membandingkan bagaimana teknis dari proses pengangkatan masing-masing metode serta peralatan operasi apa saja yang dibutuhkan.

3. Keselamatan Alur Pelayaran

Padatnya kegiatan serta alur pelayaran di Selat Madura menjadi salah satu alasan dimasukkan faktor ini dalam kriteria. Proses pengangkatan yang akan dilakukan sangat diperhatikan agar tidak mengganggu kegiatan dan alur pelayaran yang ada. Sehingga diperlukan metode pengangkatan yang tidak mengganggu dan tidak memakan waktu yang cukup lama.

4.2.2 Perhitungan Properti dan Pembebanan pada Pipa

Perhitungan kriteria pipa yang dilakukan mengacu pada standar DNV RP E305 *On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines* serta analisa desain dalam standar code DNV RP F109. Perhitungan berat dan pembebanan pada pipa dilakukan saat fase instalasi yaitu pipa berada dalam kondisi tidak dialiri oleh fluida (kosong). Sedangkan gaya hidrodinamis yang bekerja pada pipa adalah gaya seret (*drag*), gaya inersia, dan gaya angkat (*lift*). Pembebanan yang dialami oleh pipa disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.5 Properti dan Pembebanan pada Pipa

Kriteria	Nilai	Unit
Gaya Berat Baja di Udara	1208.661	N/m
Gaya Berat Total Pipa di Udara	2439.786	N/m
Gaya Apung Pipa	1789.398	N/m
Gaya Berat Pipa dalam Air	650.388	N/m
Kecepatan Gelombang Efektif	4.082	m/s
Kecepatan Arus Efektif	0.31	m/s
Gaya <i>Drag</i> Pipa	18231.602	N/m
Gaya Inersia Pipa	0.365	N/m
Gaya <i>Lift</i> Pipa	11394.752	N/m

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa gaya berat dan gaya berat total pipa di udara adalah 1208.661 N/m dan 2439.786 N/m. serta gaya apung pipa dan gaya berat pipa dalam air adalah 1789.398 N/m dan 650.388 N/m.

Sedangkan untuk perhitungan teori gelombang yang dihasilkan dari nilai $H/gT^2 = 0.004$ dan $d/gT^2 = 0.02$ pada grafik *Region of Validity* (Mouselli, 1981) didapatkan teori gelombang Stokes Orde 2 dengan nilai kecepatan gelombang efektif dan kecepatan arus efektif masing-masing adalah 4.082 m/s dan 0.31 m/s.

Kemudian dari hasil perhitungan teori gelombang dan properti pembebanan pipa dapat diketahui nilai gaya hidrodinamis pipa dengan terlebih dahulu menghitung bilangan *Reynold* untuk mengetahui nilai koefisien *drag*, koefisien inersia, dan koefisien *lift*.

$$Re = \frac{(U_e) D}{\nu} = 10.44 \times 10^4$$

Tabel 4.6 *Recommended Hydrodynamics Coefficient* (Mousselli, 1981)

Re	C_D	C_L	C_M
$Re < 5.0 \times 10^4$	1.3	1.5	2.0
$5.0 \times 10^4 < Re < 1.0 \times 10^5$	1.6	1.0	2.0
$1.0 \times 10^5 < Re < 2.5 \times 10^5$	$1.53 - \frac{Re}{3 \times 10^5}$	$1.2 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$	2.0
$2.5 \times 10^5 < Re < 5.0 \times 10^5$	0.7	0.7	$2.5 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$
$5.0 \times 10^5 < Re$	0.7	0.7	1.5

Dari tabel di atas di dapatkan nilai koefisien *drag* (C_D), koefisien *lift* (C_L), dan koefisien inersia (C_M) adalah 1.6, 1.0, dan 2.0. Setelah itu dapat diketahui gaya *drag*, gaya inersia, dan gaya *lift* pipa adalah 18231.602 N/m, 0.365 N/m, dan 11394.752 N/m.

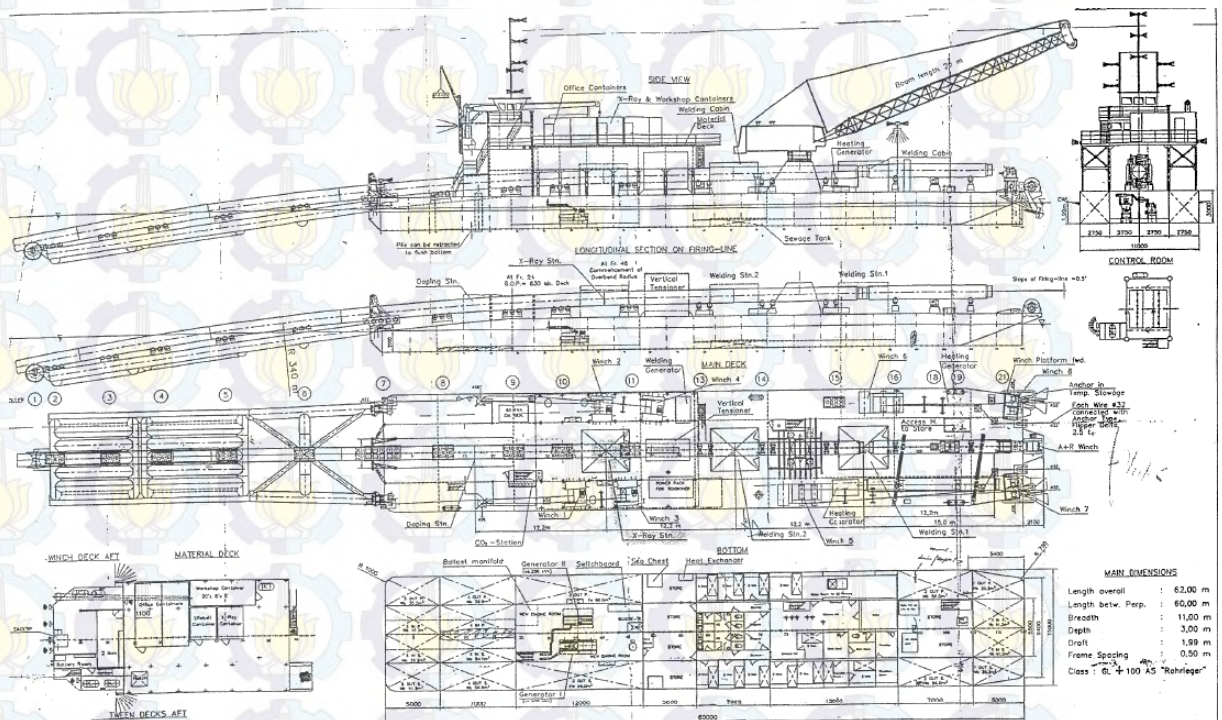
Berdasarkan rumus Morison dapat diketahui gaya hidrodinamis yang mengenai pipa sebesar $F = F_d + F_i$. Sehingga didapatkan nilai gaya hidrodinamis (F) = 18231.967 N/m.

4.2.3 Pemodelan *Barge*

Pemodelan *barge* untuk metode *Reverse Lay* dan *Tow* menggunakan data *barge* ALPHA DMB 88. Pemodelan dilakukan menggunakan *software* Maxsurf

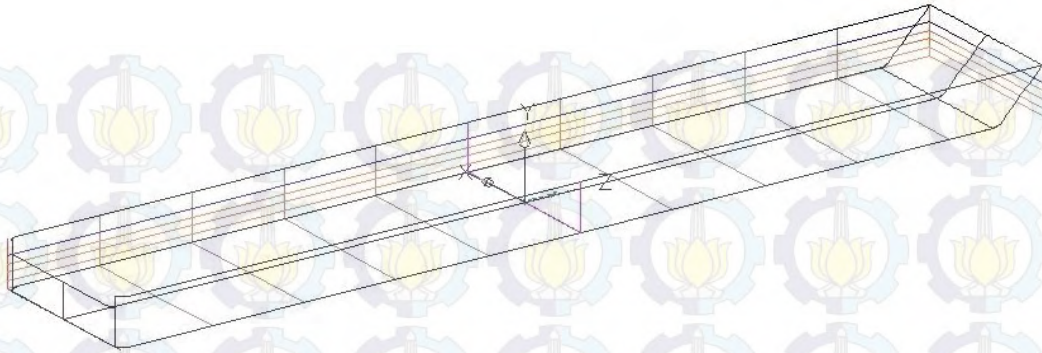
dengan data yang ada. Sebelum melakukan pemodelan kapal, dilakukan input data kapal (*principal dimention*) yang penting, yaitu:

<i>Length over all</i>	= 62 m
<i>Length betw. perp.</i>	= 60 m
<i>Breadth</i>	= 11 m
<i>Depth</i>	= 3 m
<i>Draft</i>	= 1.99 m
<i>Displacement weight</i>	= 1344 MT
<i>Tensioner</i>	= 40 Ton



Gambar 4.1 Gambar *Barge ALPHA DMB 88*

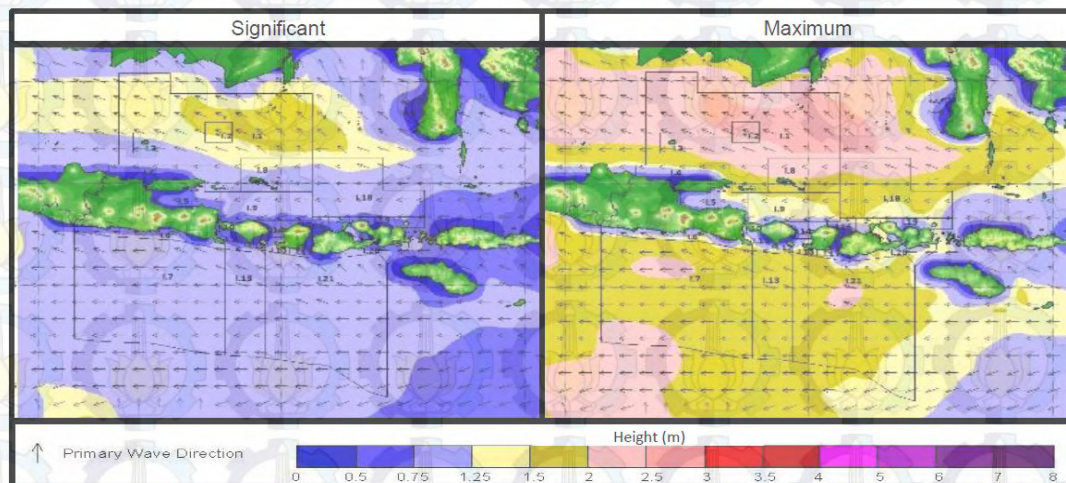
Setelah dilakukan *input* dan Pemodelan kapal dengan *Software Maxsurf*, didapatkan hasil pemodelan kapal seperti gambar 4.2 berikut :



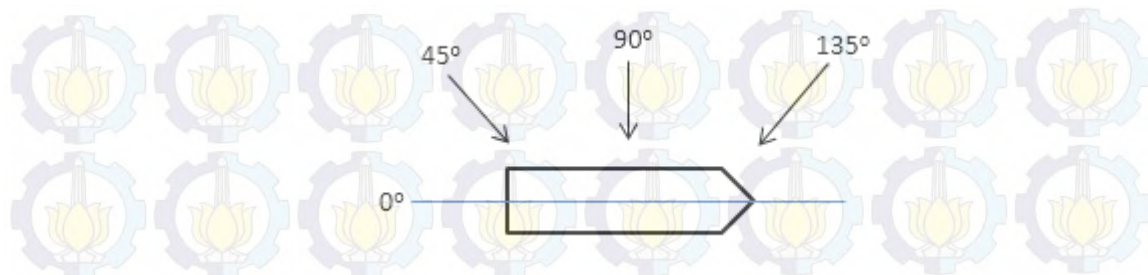
Gambar 4.2 Hasil Pemodelan *Barge ALPHA DMB 88* dengan *Software Maxsurf*

4.2.4 Perhitungan *Response Amplitude Operator (RAO)*

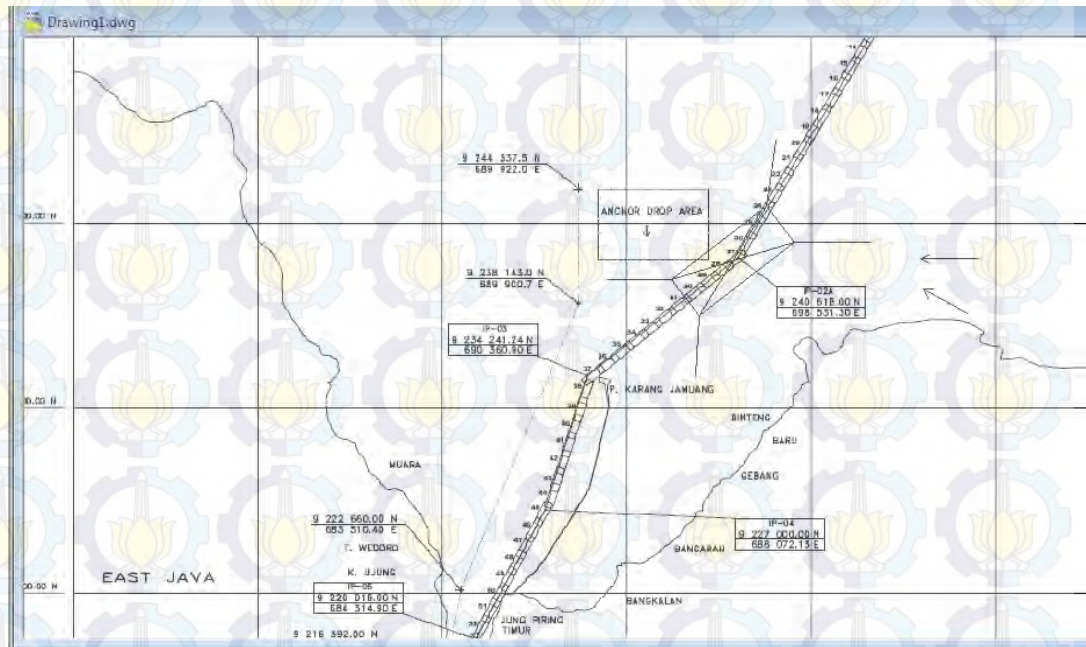
Setelah dihasilkan pemodelan kapal, langkah selanjutnya adalah menghitung amplitudo gerakan respon kapal dengan melakukan running *RAO* dengan menggunakan *software Maxsurf*. Analisa *RAO* yang dilakukan memperhitungkan arah gelombang yang terjadi di Selat Madura. Berdasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya, diketahui bahwa pada bulan Juli 2015, angin dan gelombang di wilayah perairan laut utara Jawa Timur dan Selat Madura berasal dari arah timur dan tenggara. Sehingga pada pemodelan pengangkatan pipa dapat ditentukan arah *heading* yang digunakan adalah 45° , 90° , dan 135° dengan teori gelombang *Jonswap*. Teori ini digunakan karena lebih cocok dengan spektrum gelombang di arus tertutup seperti Selat Madura. Data arus yang dimasukkan adalah arus yang paling besar, yaitu arus permukaan Selat Madura sebesar 0,77 m/s.



Gambar 4.3 Arah Angin dan Gelombang di Laut Utara Jawa Timur

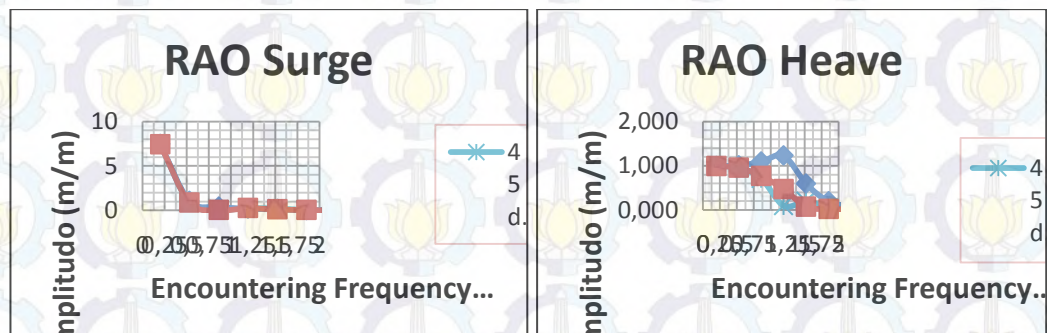


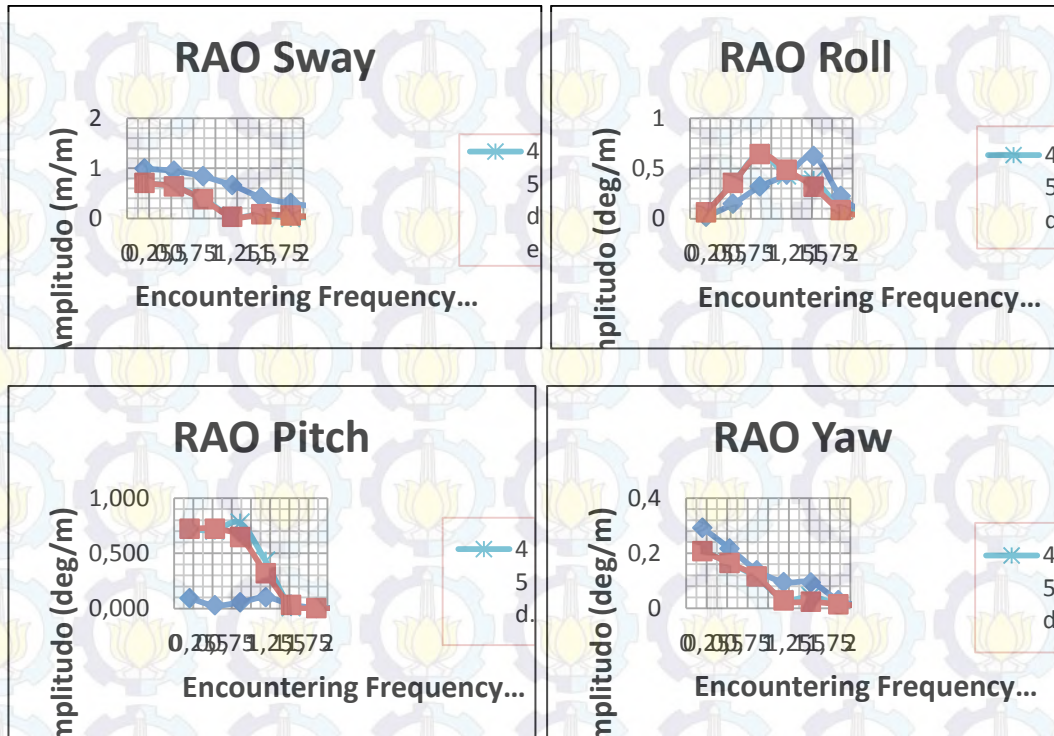
Gambar 4.4 Heading Arah Gelombang terhadap Barge



Gambar 4.5 Sketsa Arah Pembebanan Gelombang pada Barge

Perhitungan RAO dilakukan dengan kondisi *free floating* untuk mengetahui respon gerakan *barge* dengan kondisi lingkungan terbesar yang terjadi. Dari perhitungan (*running*) dengan *Software Maxsurf* didapatkan nilai *RAO* yang kemudian disajikan dalam grafik:

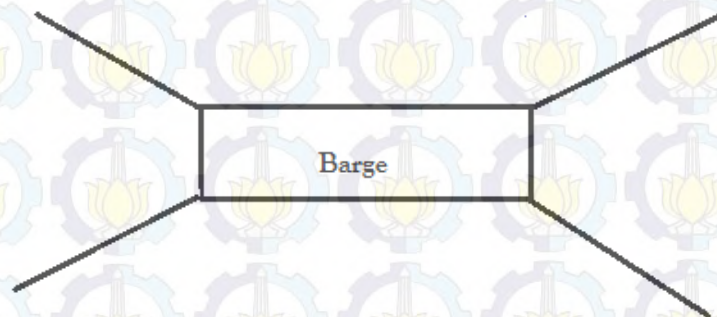




Gambar 4.6 Grafik *Response Amplitude Operator (RAO)* Barge ALPHA DMB 88

4.2.5 Perhitungan Konfigurasi *Mooring Line*

Setelah melakukan analisis RAO dengan *software Maxsurf*, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa perhitungan *mooring line*. Jenis *mooring line* yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan *chain anchor* berdasarkan *ABS Rules for Testing and Certification of Materials 2010*. Dari analisa hidrodinamis yang telah dilakukan didapatkan besarnya gaya horizontal yang mengenai barge sebesar $F_d + F_i$ yaitu 1130.382 kN.



Gambar 4.7 Konfigurasi *Mooring Line*

Jumlah *mooring* yang digunakan adalah 4 buah *mooring line* dengan tegangan pada masing-masing *mooring* sebesar 282.595 kN. Dari perhitungan

tersebut didapatkan dimensi dan data *mooring* yang digunakan untuk *barge* pada tugas akhir ini yaitu:

Tabel 4.7 Dimensi *Mooring*

<i>Chain Diameter</i>	<i>Length of Five Links</i>	<i>Proof Loads</i>	<i>Breaking Load</i>	<i>Mass kilograms per 27.5 meters</i>
mm	mm	kN	kN	kg
28	616	224.6	320.7	480

Selain itu, didapatkan juga panjang minimum *mooring line* yaitu 197.825 m, jarak *anchor* hingga menyentuh tanah dan panjang *offset* sebesar 197.35509 m dan 197.35523 m.

4.2.6 Pemodelan Dinamis *Reverse Lay*

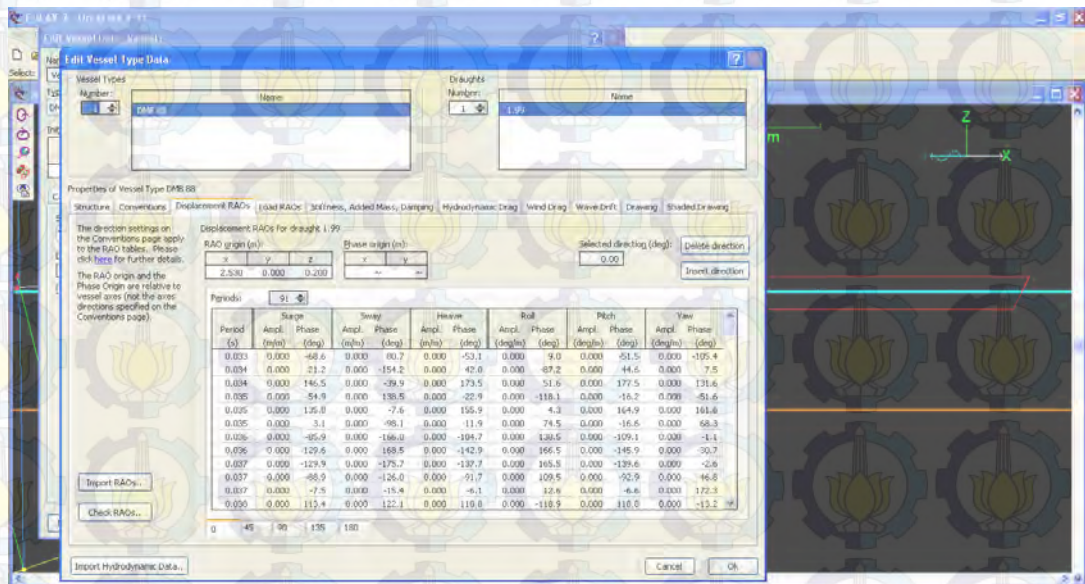
Setelah dilakukan analisa *RAO* dengan *software Maxsurf*, selanjutnya dilakukan Pemodelan analisa dinamis pengangkatan pipa menggunakan metode *Reverse Lay* dan *Tow*. Analisa dinamis yang dilakukan pada Pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui nilai *effective tension* yang bekerja pada pipa. Pemodelan *Reverse Lay* dilakukan dengan menggunakan *Software Orcaflex*.

Analisa *Reverse Lay* dibagi menjadi 3 proses yaitu proses pemotongan pipa di dasar laut, proses pengangkatan pipa dari dasar laut dengan menggunakan *crane*, dan proses penarikan pipa melalui *stinger* dan *tensioner*. Setelah dilakukan penarikan pada *stinger*, dilakukan *running* untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada pipa.

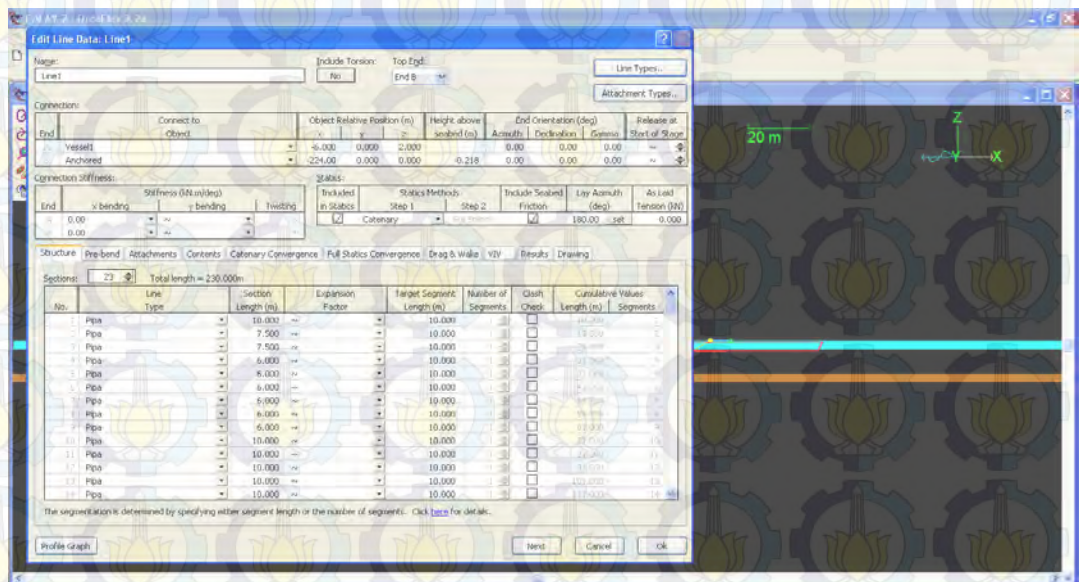
Perhitungan pemotongan pipa didasarkan pada kapasitas *tensioner* yang ada untuk mengangkat pipa. Dalam tugas akhir ini kapasitas *tensioner* sebesar 40 Ton sehingga panjang potongan *pipeline* untuk pemodelan *reverse lay* adalah 160 m. Setelah ukuran *pipeline* telah ditetapkan langkah selanjutnya adalah mengangkat pipa dengan menggunakan *crane*. *Crane* yang digunakan harus memiliki kapasitas minimal 40 Ton.

Langkah selanjutnya adalah melakukan *input* data *barge*, data pipa, dan data lingkungan sesuai dengan data yang telah ada, memasukkan *input* hasil

perhitungan (*running*) *RAO* yang telah dilakukan dengan *software Maxsurf*, dan memodelkan data *mooring*.



Gambar 4.8 Input Data Barge

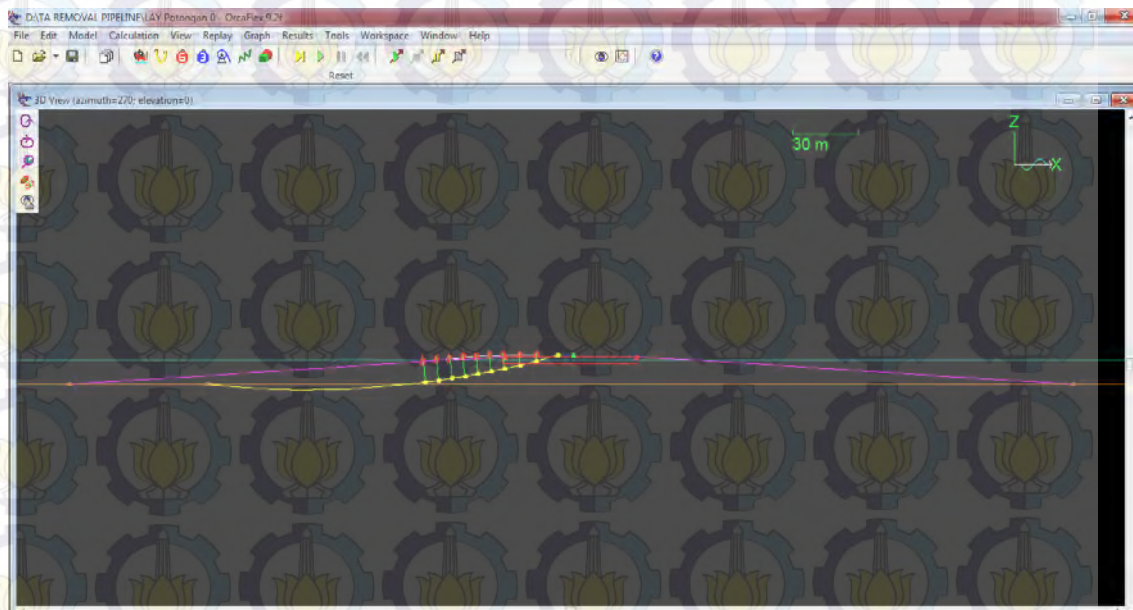


Gambar 4.9 Input Data Pipeline

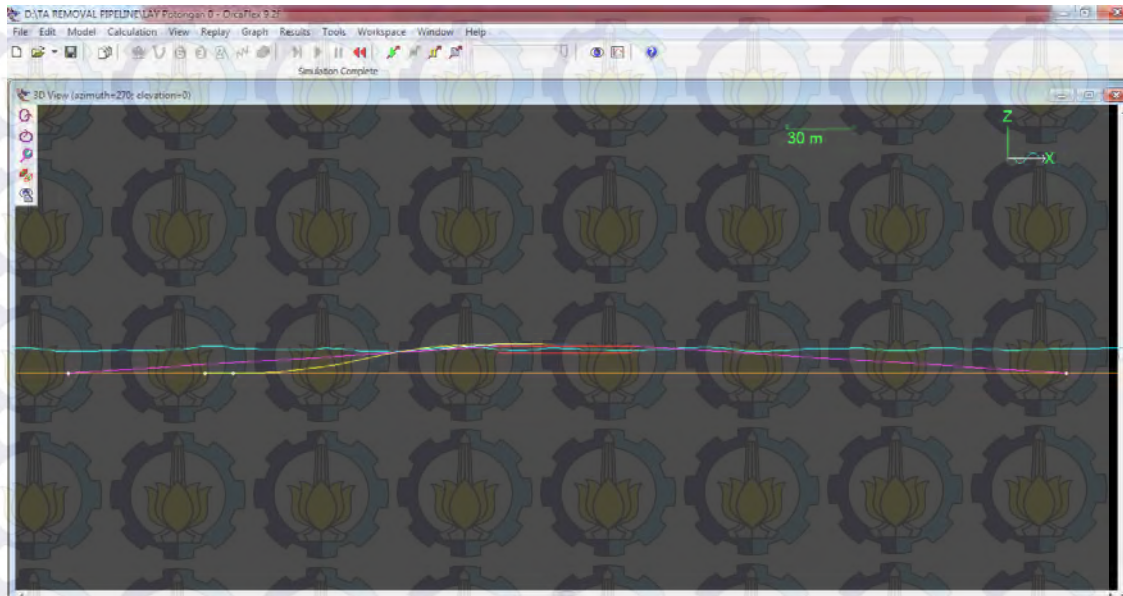


Gambar 4.10 *Input Data Lingkungan*

Pemodelan dilakukan dengan 3 *heading* (arah gaya dan gelombang) sesuai dengan arah gelombang yang terjadi di perairan utara Jawa Timur dan di perairan Selat Madura. Arah gelombang yang terjadi dari arah timur dan tenggara yaitu 45° , 90° , dan 135° . Setelah itu dilakukan *running* untuk mengetahui besarnya nilai tegangan yang terjadi.



Gambar 4.11 *Pemodelan Reverse Lay Heading 45°*



Gambar 4.12 Pemodelan *Reverse Lay Heading 45°* Setelah *Running*

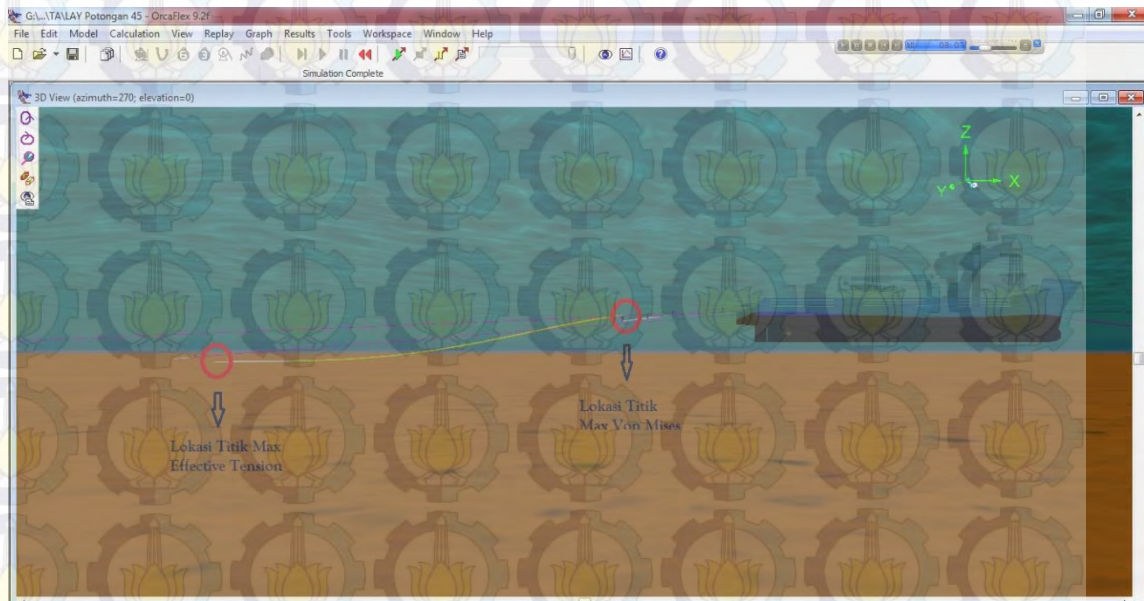
Hasil *running* pemodelan *reverse lay* adalah berupa nilai *effective tension* dan *maximum Von Mises Stress*. Besarnya tegangan longitudinal tidak boleh melebihi 0.8 SMYS sedangkan tegangan *Von Mises* tidak boleh melebihi dari 0.9 SMYS. Nilai tegangan terbesar pada tiap *heading* akan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.8 *Output Running* Pemodelan *Reverse Lay*

<i>Heading</i>	<i>Max Effective Tension (kN)</i>	<i>Max Von Mises Stress (kPa)</i>	<i>0.9 SMYS (kPa)</i>	<i>Compression Limit (kN)</i>
<i>Reverse Lay</i> arah 45°	-144.62	306822.3	322677	-9155.485959
<i>Reverse Lay</i> arah 90°	-143.203	297609.2	322677	-9155.485959
<i>Reverse Lay</i> arah 135°	-148.274	305262.1	322677	-9155.485959

Maximum effective tension yang terjadi pada arah 45°, 90°, dan 135° berada di titik (meter) 160. Sedangkan *Maximum Von Mises Stress* yang terjadi pada arah 45°, 90°, dan 135° berada di titik (meter) 58. Dari hasil pemodelan yang

disajikan dalam tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pemodelan *reverse lay* cukup aman dan tidak ada tegangan yang melebihi batas kriteria. Lokasi titik tegangan maksimum yang terjadi pada pipa digambarkan seperti berikut :



Gambar 4.13 Lokasi Tegangan Maksimum Setelah *Running* pada Arah 45° , 90° , dan 135°

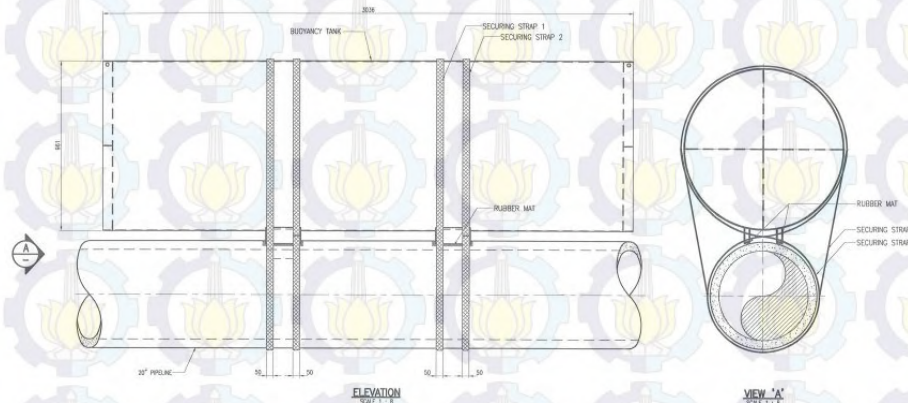
4.2.7 Pemodelan Dinamis *Surface Tow*

Pemodelan pengangkatan pipa selanjutnya adalah dengan metode *surface tow*. Data-data yang dibutuhkan untuk pemodelan *surface tow* sama dengan pemodelan *reverse lay*, ditambah dengan data *floaters* (drum) yang digunakan sebagai pelampung untuk mengangkat pipa ke permukaan. Panjang *pipeline* yang digunakan pada pemodelan *surface tow* adalah 1000 m. Analisa *surface tow* juga dibagi menjadi 3 proses yaitu proses pemasangan *floaters*, proses pengangkatan pipa ke permukaan, dan proses penarikan pipa menuju ke darat. Pada saat proses pengangkatan dan penarikan dilakukan *running* untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada pipa.

Tabel 4.9 Data Dimensi *Floaters* (Drum)

Parameter	Nilai	Unit
<i>Diameter of Drum (Dd)</i>	0.5842	m
<i>Height of Drum (Hd)</i>	0.889	m

Mass of drum (M_d)	15	kg
Density of drum (ρ_d)	7850	kg/m ³
Mass of drum wire per coil (M_{wire})	0.3	kg

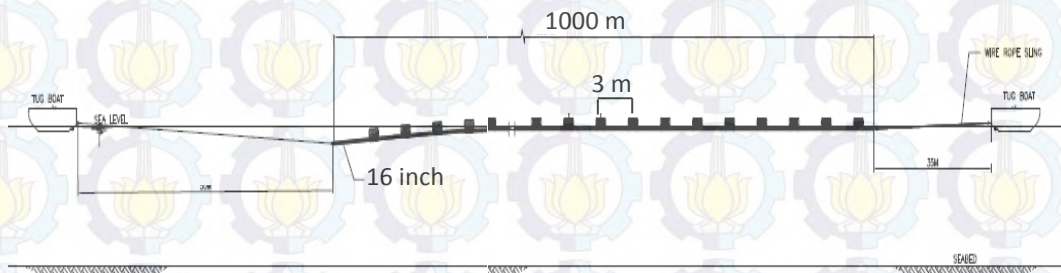


Gambar 4.14 Sketsa Drum sebagai *Floater*

Dari data di atas dilakukan perhitungan untuk menentukan jumlah *floater* yang dibutuhkan untuk mengangkat pipa ke permukaan, disajikan dalam tabel berikut:

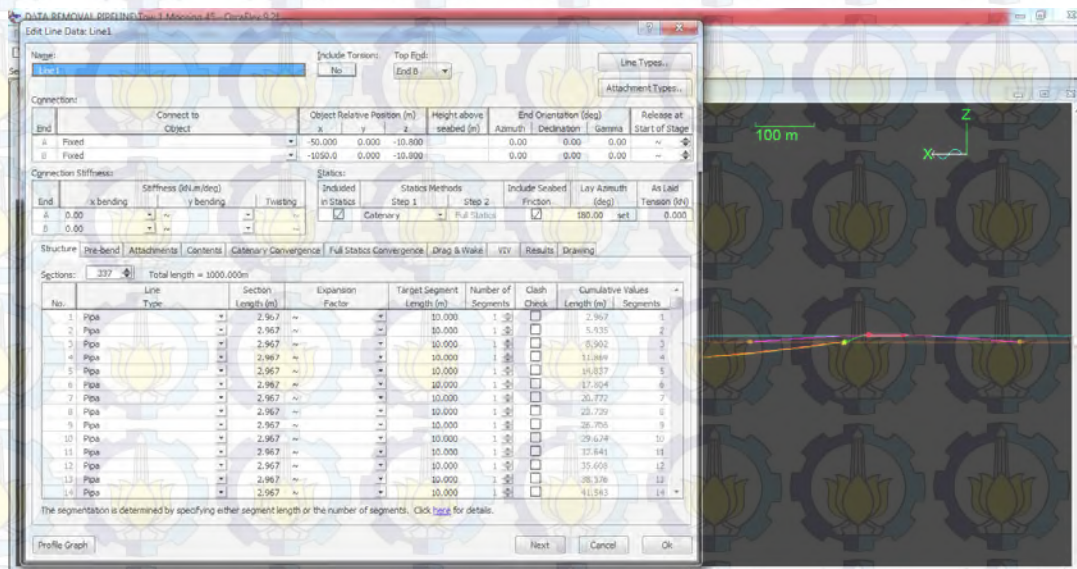
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Konfigurasi *Floater*

Parameter	Nilai	Unit
Gaya Apung per Pelampung	2394.168	N/m
Berat Total Pipa pada Pelampung	2595.717	N/m
Jumlah Pelampung Total yang dibutuhkan	337	Buah
Jumlah Pelampung per <i>Joint</i>	4	Buah
Jarak per Pelampung	3.0	m

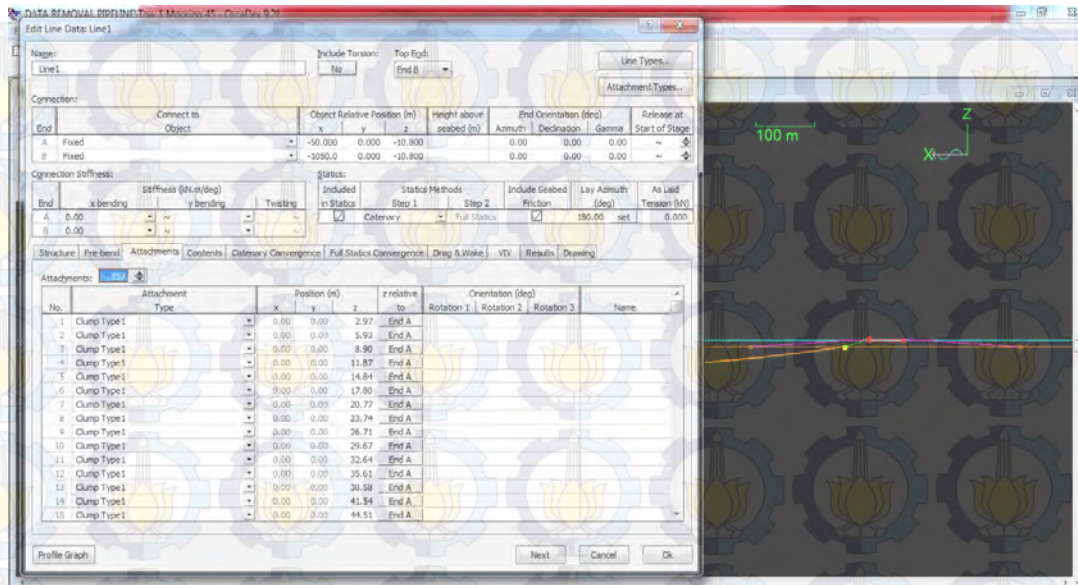


Gambar 4.15 Sketsa *Surface Tow* dengan Menggunakan *Floater*

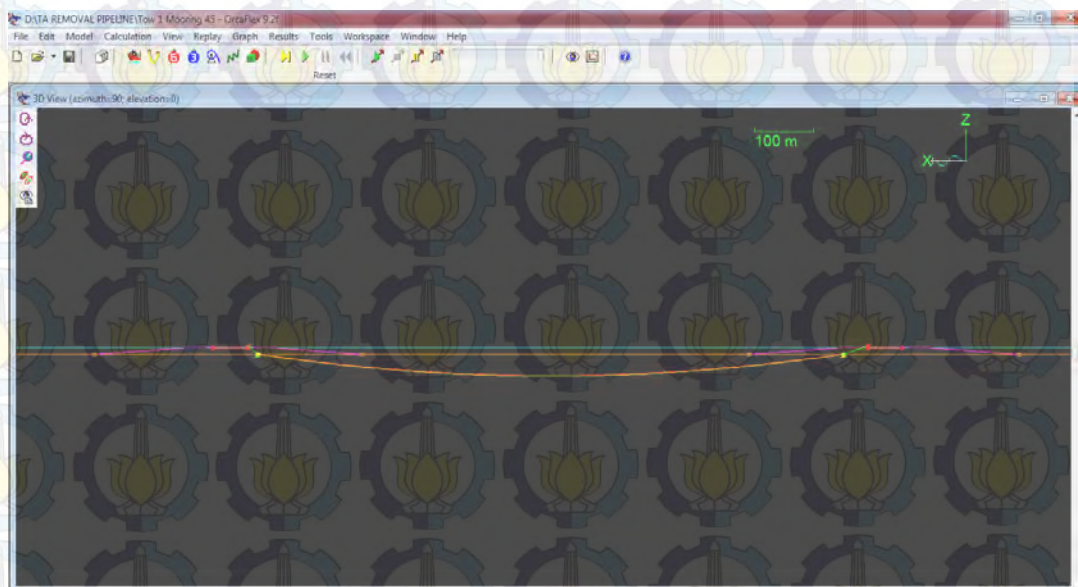
Langkah selanjutnya adalah melakukan *input* data *barge*, data pipa, data lingkungan sesuai dengan data yang telah ada, memasukkan *input* hasil perhitungan (*running*) *RAO* yang telah dilakukan dengan *software* *Maxsurf*, memodelkan data *mooring*, dan memodelkan *floater*.



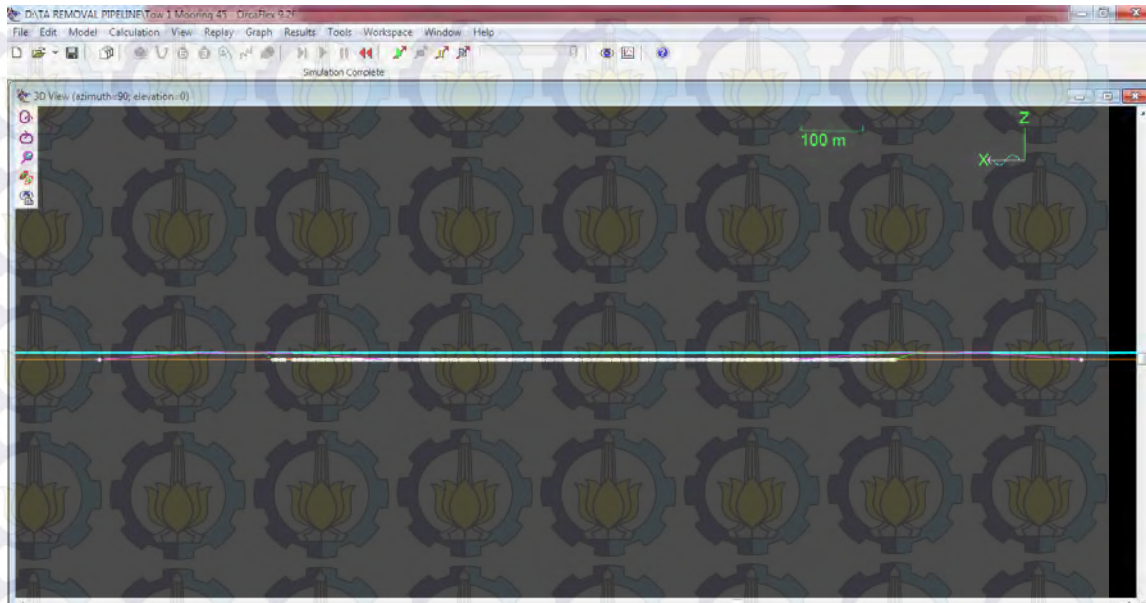
Gambar 4.16 Input Data *Pipeline*



Gambar 4.17 Input Data Floater



Gambar 4.18 Pemodelan Tow Heading 45 °



Gambar 4.19 Pemodelan Tow Heading 45° Setelah Running

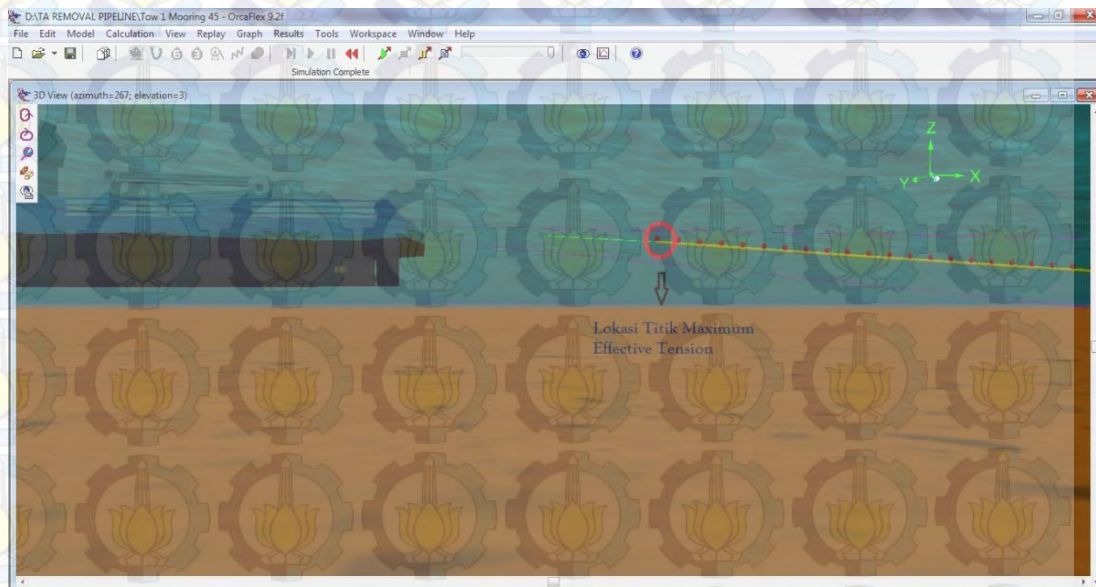
Hasil running pemodelan *surface tow* adalah berupa nilai *effective tension* dan *maximum Von Mises Stress*. Besarnya tegangan longitudinal tidak boleh melebihi 0.8 SMYS sedangkan tegangan *Von Mises* tidak boleh melebihi dari 0.9 SMYS. Nilai tegangan terbesar pada tiap heading akan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.11 Output Running Pemodelan Surface Tow

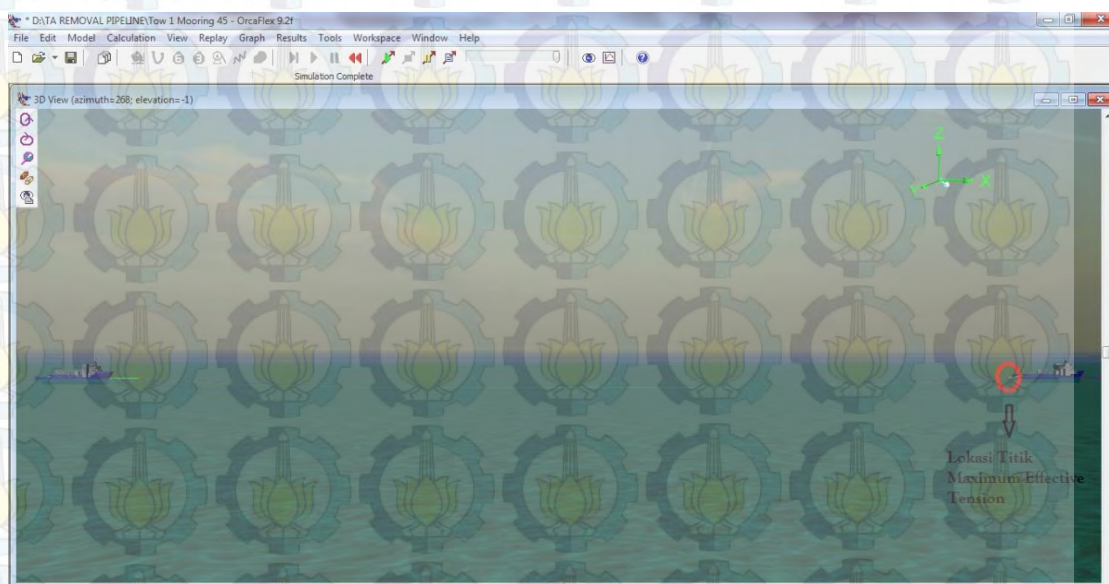
<i>Heading</i>	<i>Max Effective Tension (kN)</i>	<i>Max Von Mises Stress (kPa)</i>	<i>0.9 SMYS (kPa)</i>	<i>Compression Limit (kN)</i>
Tow arah 45°	3671.64	126263.1	322677	-175722.722
Tow arah 90°	4637.64	144537.4	322677	-175722.722
Tow arah 135°	3696.69	130152.7	322677	-175722.722

Dari hasil *running* didapatkan *maximum effective tension* yang terjadi pada arah 45° dan 90° berada di titik (meter) 999,99 sedangkan arah 135° berada di titik (meter) 0. Sedangkan *maximum Von Mises Stress* yang terjadi pada arah 45° dan 135° berada di titik (meter) 10,38 sedangkan arah 90° berada di titik (meter)

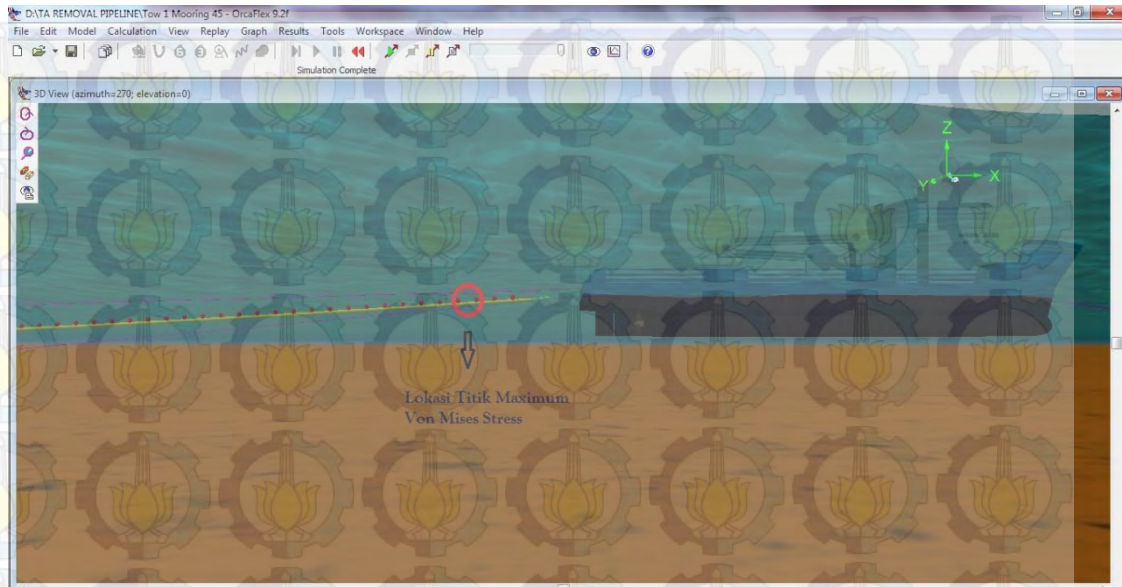
832,34. Berdasarkan hasil pemodelan yang disajikan dalam tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pemodelan *surface tow* cukup aman dan tidak ada tegangan yang melebihi batas kriteria. Lokasi titik tegangan maksimum yang terjadi pada pipa digambarkan seperti berikut :



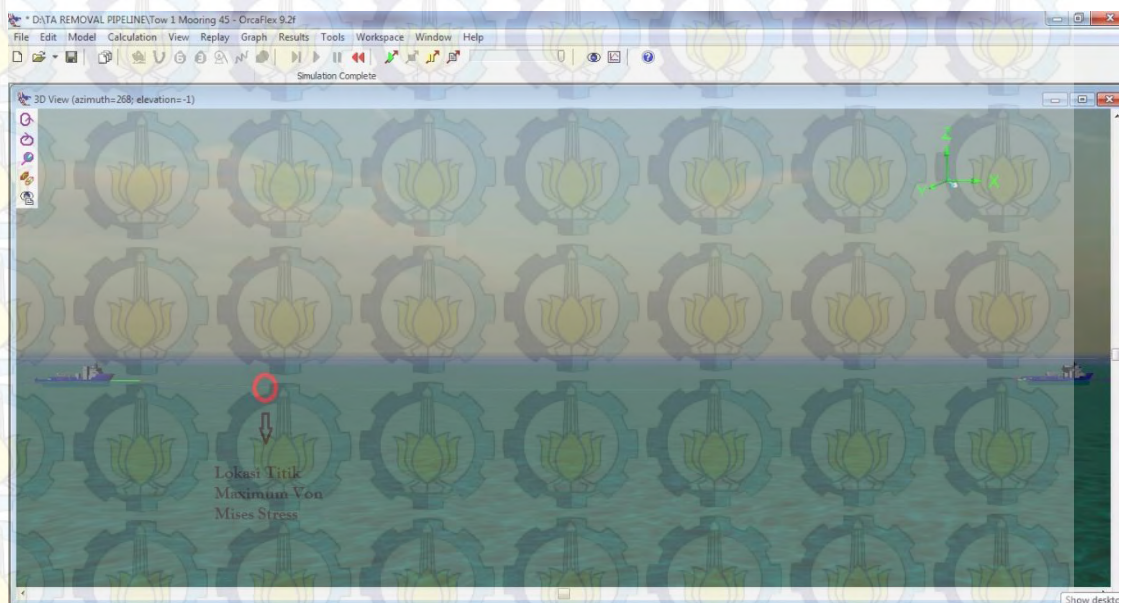
Gambar 4.20 Lokasi *Effective Tension* Maksimum pada Arah 45° dan 90°



Gambar 4.21 Lokasi *Effective Tension* Maksimum pada Arah 135°



Gambar 4.22 Lokasi *Von Mises Stress* Maksimum pada Arah 45° dan 135°



Gambar 4.23 Lokasi *Von Mises Stress* Maksimum pada Arah 90°

4.2.8 Pemilihan Metode dengan *Selection Criteria*

1. Konsumsi Energi

Proses pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* umumnya memerlukan satu buah kapal (*lay barge*) yang berfungsi untuk mengangkat dan membawa pipa ke daratan. Sedangkan metode *Surface Tow* memerlukan dua buah

kapal (*tow barge* dan *hold-back barge*). Sehingga dari sisi konsumsi energi, proses pengangkatan dengan metode *Reverse Lay* merupakan metode yang lebih direkomendasikan.

2. Kemudahan Teknis

Kriteria kemudahan teknis yang dimaksudkan adalah membandingkan bagaimana teknis dari proses pengangkatan masing-masing metode serta peralatan operasi apa saja yang dibutuhkan. Pada metode *Reverse Lay* peralatan yang dibutuhkan umumnya mudah didapatkan diantaranya *lay barge*, *crane*, *stinger*, *tensioner*, serta pemotong pipa. Selain itu, proses pengangkatan yang dilakukan juga cukup mudah yaitu dengan memotong pipa sesuai dengan ukuran kemudian ditarik dengan *crane* dan diletakkan pada *stinger* yang terkait dengan *tensioner*. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan pada proses pengangkatan dengan metode *Surface Tow* lebih banyak diantaranya *tow barge*, *hold-back barge*, *floater*, serta rantai sebagai pengikat *floater* dengan pipa. Selain itu, proses pengangkatan dengan metode ini lebih rumit karena harus memasang *floater* di sepanjang pipa yang terletak di dasar laut. Setelah itu memastikan saat proses pengangkatan pipa ke permukaan pipa tidak mengalami *buckling* atau tegangan yang berlebihan. Sehingga dari segi kemudahan teknis, metode yang lebih direkomendasikan adalah *Reverse Lay*.

4. Keselamatan Alur Pelayaran

Keselamatan alur pelayaran merupakan kriteria yang sangat penting dalam memilih metode pengangkatan pipa di Selat Madura. Pada kriteria keselamatan alur pelayaran diperlukan metode pengangkatan yang tidak memakan waktu yang cukup lama sehingga tidak mengganggu dan memunculkan resiko pelayaran. Pada proses pengangkatan pipa, kedua metode di atas sama-sama memerlukan waktu yang cukup lama. Metode *Reverse Lay* memerlukan waktu yang cukup lama untuk proses pemotongan, pengangkatan, serta penarikan pipa. Sedangkan metode *Surface Tow*, proses pemasangan *floater* dan menaikkan pipa ke permukaan juga memerlukan waktu yang cukup lama serta lokasi yang luas karena panjang pipa yang diangkat mencapai 1000 meter.

Dari hasil perhitungan pemodelan pengangkatan pipa menggunakan *Software Orcaflex* di atas didapatkan tegangan pada metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow* tidak melebihi tegangan yang diijinkan. Sehingga dari perhitungan tegangan dan analisa keselamatan alur pelayaran, kemudahan teknis, dan konsumsi energi didapatkan metode yang cocok digunakan di alur pelayaran Selat Madura adalah metode *Reverse Lay*.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari proses analisa yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

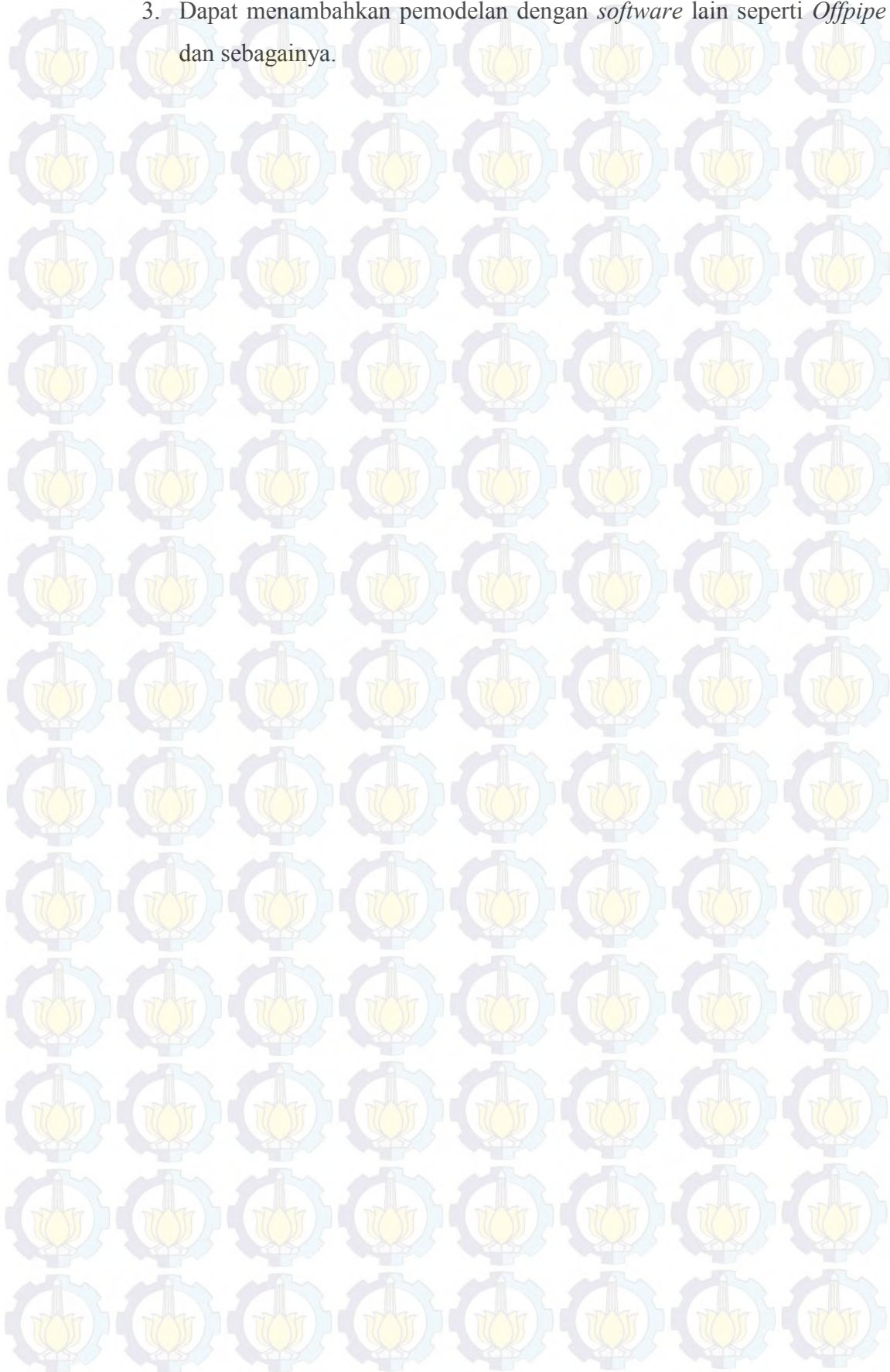
1. Dari perhitungan properti pipa didapatkan nilai gaya berat dan gaya berat total pipa di udara adalah 1208.661 N/m dan 2439.786 N/m. serta gaya apung pipa dan gaya berat pipa dalam air adalah 1789.398 N/m dan 650.388 N/m. Sedangkan untuk perhitungan teori gelombang yang dihasilkan dari nilai $H/gT^2 = 0.004$ dan $d/gT^2 = 0.02$ pada grafik *Region of Validity* (Mouselli, 1981) didapatkan teori gelombang Stokes Orde 2. Dan nilai gaya hidrodinamis (F) = 18231.967 N/m.
2. Pada pemodelan *reverse lay* didapatkan hasil tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi sebesar 311358.4 kPa. Sedangkan pada pemodelan *surface tow* tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi sebesar 144537.4 kPa. Kedua nilai tersebut tidak melebihi batas 0.9% SMYS sebesar 322677 kPa.
3. Dari hasil perhitungan tegangan, dan analisa *selection criteria* keselamatan alur pelayaran, kemudahan teknis, dan konsumsi energi maka didapatkan metode yang cocok digunakan di alur pelayaran Selat Madura adalah metode *Reverse Lay*.

5.2 Saran

Saran yang disampaikan penulis yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan verifikasi hasil tegangan *effective tension* dan tegangan *Von Mises* output dari *software Orcaflex* dengan perhitungan manual.
2. Dapat ditambahkan analisa kajian dari segi ekonomi untu kegiatan pengangkatan pipa ini.

3. Dapat menambahkan pemodelan dengan *software* lain seperti *Offpipe* dan sebagainya.





LAMPIRAN A

Perhitungan Properti dan Pembebanan Pada Pipa

PIPE PROPERTIES

Pipe Service	=	Gas	
Pipe Material	=	Carbon Steel	
Pipe Material Grade	=	API 5L X 52 P SL 2	
Pipe Outside Diameter (OD)	=	406.4 mm	
Pipe Inside Diameter	=	381.0 mm	
Wall Thickness (ts)	=	12.700 mm	
Coating Corrosion Thickness (t_{corr})	=	9.4996 mm	
Concrete Thickness (t_{cc})	=	25.4 mm	
SMYS	=	358.53 Mpa	311.9
Poisson's Ratio	=	0.3	
Modulus Young	=	207000 Mpa	
Density of Steel	=	7850 Kg/m ³	
Density of Coating Corrosion	=	1300 kg/m3	
Density of Concrete	=	3043 kg/m3	
Pipe Joint Length	=	12 m	

ENVIRONMENT CONDITION

Significant Wave Height 1 year	=	2.621 m	
Maximum Wave Period 1 year	=	7.6 s	
Current Velocity maximum (Vc)	=	0.77 m/s	
Deepwater	=	10.8 m	
Density of sea water	=	1,025 kg/m3	

USING DRUM AND WOOD AS ONGKAK

Diameter Drum	=	0.5842 m	
Height Drum	=	0.889 m	
Mass of Drum	=	15 kg	
Coefficient restriction μ (Ongkak)	=	0.3	

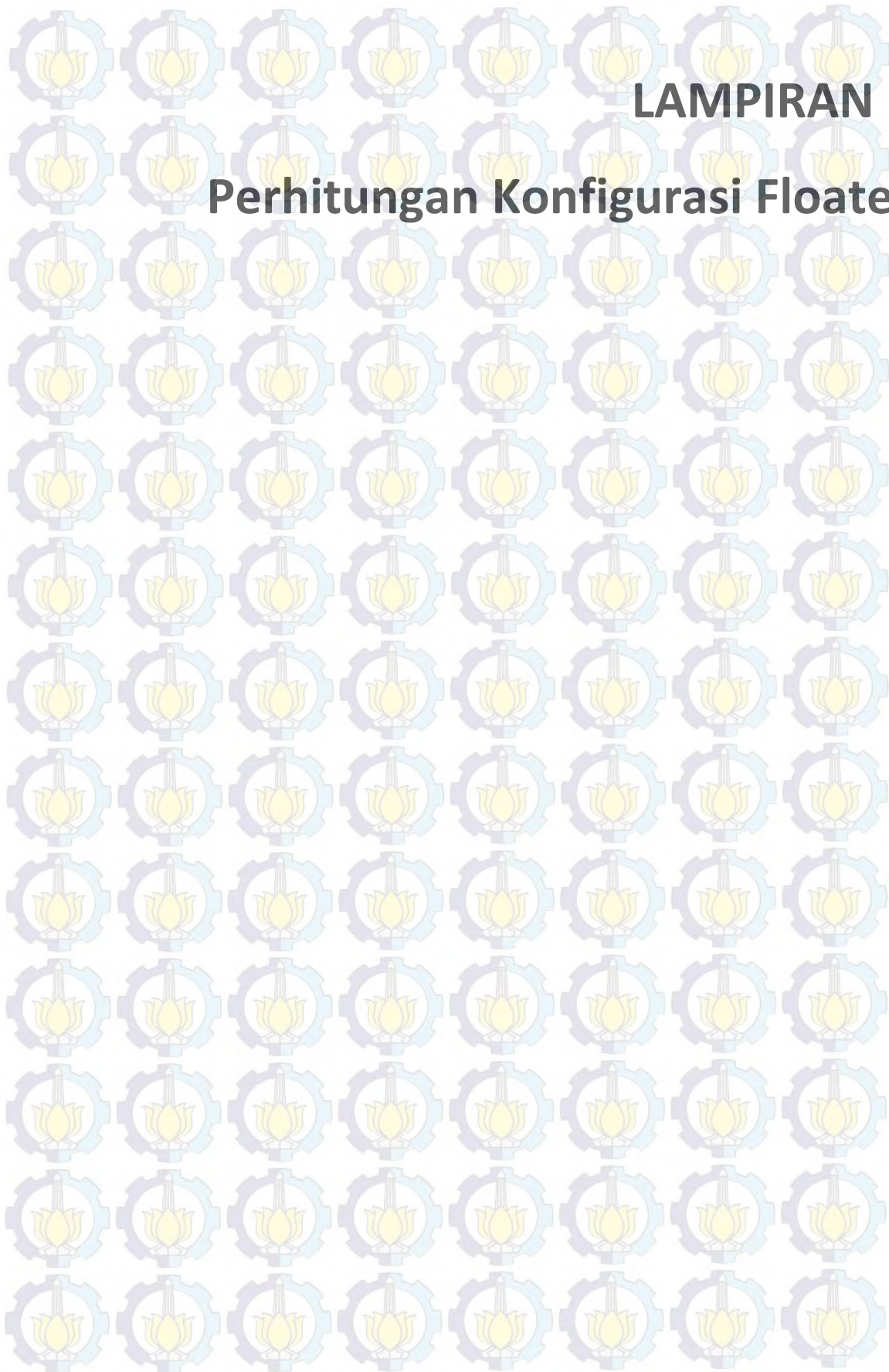
1 Diameter Total Pipa (Dt_{tot})

$$D_{tot} = D_s + 2 \cdot t_{corr} + 2 \cdot t_{conc}$$
$$= 0.4761992 \text{ m}$$

2 Massa baja (Steel Pipe)

$$M_{st} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_s^2 - D_i^2) \cdot \rho_{st}$$
$$= 123.2447535 \text{ Kg/m}$$

3 Massa lapisan anti korosi							
M_{corr}	=	$\frac{\pi}{4}$	$\cdot [(D_s + 2 \cdot t_{corr})^2 - D_s^2] \cdot \rho_{corr}$				
	=	16.12749151	Kg/m				
4 Massa Lapisan Selimut Beton							
M_{cc}	=	$\frac{\pi}{4}$	$\cdot [(D_s + 2 \cdot t_{corr} + 2 \cdot t_{cc})^2 - (D_s + 2 \cdot t_{corr})^2] \cdot \rho_{cc}$				
	=	109.4078424	Kg/m				
5 Massa Pipa di Udara per satuan panjang							
M_u	=	$M_{st} + M_{corr} + M_{cc}$					
	=	248.7800875	Kg/m				
6 Massa Pipa Keseluruhan							
M_p	=	$M_u \cdot L$					
	=	248780.0875	Kg				
7 Volume pipa tercelup air							
V_p	=	$\frac{\pi}{4}$	$(D_{tot})^2 \cdot L$				
	=	178.0110573	m ³				
7 Gaya Apung Pipa							
F_{bp}	=	$\rho_{sw} \cdot g \cdot V$					
	=	1789398.300	N	=	1789.398	N/m	



LAMPIRAN E

Perhitungan Konfigurasi Floater

USING DRUM AS BUOYANCY TANK

$$\text{Diameter of Drum } (D_d) = 584.2 \text{ mm} = 0.5842 \text{ m}$$

$$\text{Height of Drum } (H_d) = 889 \text{ mm} = 0.889 \text{ m}$$

$$\text{Mass of drum } (M_d) = 15 \text{ kg}$$

$$\text{Density of drum } (\rho_d) = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Length of drum wire per coil } (L_{\text{wire}}) = 2 \text{ m}$$

$$\text{Mass of drum wire per coil } (M_{\text{wire}}) = 0.3 \text{ kg}$$

1 Drum need 3 coil of wire (assumed)

1 Weight of drum

$$W_d = M_f$$

$$= 15 \text{ kg}$$

2 Volume of drum

$$V_d = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_f^2 \cdot H_f$$

$$= 0.238 \text{ m}^3$$

3 Buoyancy force per Drum

$$F_{bf} = \rho_{sw} \cdot V \cdot g$$

$$= 2394.168 \text{ N}$$

4 Mass of pipe and properties total per metre

$$M_{tp} = M_p + M_a + M_w + M_d + M_{wire}$$

$$= 264.680 \text{ kg/m}$$

5 Weight of pipe and properties total per metre

$$W_{tp} = M_{tp} \cdot g$$

$$= 2595.717618 \text{ N/m}$$

6 Floating object required

$$F_{btot} > W_{tp}$$

$$4183.566 > 2595.718$$

OK

7 Volume Pipe and Drum

$$V_{pp} = \frac{(W_{tp} - F_{bp}) \cdot L}{\rho_{sw} \cdot g}$$

$$= 80.21341828 \text{ m}^3$$

8 Total Number of Floats Drum Required							
N_f	=	V_{pp}					
	=	V_{float}					
	=	336.785					
	=	337 pcs					
Buoyancy Check Overall							
Buoyancy Force all drum	=	806834.5 N					
Mass all drum	=	5055.0 kg					
Mass of Wire all drum	=	303.3 kg					
Fb	>	W total					
2596232.808	>	2492335.166			OK		
Total Drum Used (N_d)	=	337 pcs					
Number of float required per joint							
N_{dj}	=	$\frac{N_f \cdot L_j}{L}$					
	=	4.0					
	=	4 pcs					
Distance per float configuration							
Total float per point	=	1 pcs					
L_{df}	=	3.0 m per float					



LAMPIRAN B

Perhitungan Teori Gelombang dan Gaya Hidrodinamis

Pipe Calculation

Diameter Internal	$D_i =$	$D - 2t$	$D_i =$	381 mm	$=$	0.381 m
Diameter Corrosion Coating	$D_{corr} =$	$D + 2t_{corr}$	$D_{corr} =$	425.3992 mm	$=$	0.4254 m
Diameter Concrete Coating	$D_{conc} =$	$D + 2t_{conc}$	$D_{conc} =$	457.2 mm	$=$	0.4572 m
Diameter Total	$D_{tot} =$	$D + 2t_{corr} + 2t_{conc}$	$D_{tot} =$	476.1992 mm	$=$	0.4762 m
Berat pipa (tanpa coating)	$W_1 =$	$\pi (D^2 - D_i^2) \rho_{st}$	$W_1 =$	123.24475 kg/m		
Berat Corrosion Coating	$W_2 =$	$\frac{\pi (D_{corr}^2 - D^2) \rho_{corr}}{4}$	$W_2 =$	16.127492 kg/m		
Berat Concrete Coating	$W_3 =$	$\frac{\pi (D_{conc}^2 - D_{corr}^2) \rho_{conc}}{4}$	$W_3 =$	109.40784 kg/m		
Berat Total	$w_t =$	$(w_1 + w_2 + w_3) g$	$w_t =$	2440.5327 N/m		
Bouyancy	$F_{buoy} =$	$\frac{\pi D_{conc}^2 \rho_{sw} g}{4}$	$F_{buoy} =$	1789.3983 N/m		
Berat pipa tercelup	$w_{sub} =$	$w_t - F_{buoy}$	$w_{sub} =$	651.13436 N/m		
Momen Inersia Pipa	$I_{st} =$	$\frac{\pi (D^4 - D_i^4)}{64}$	$I_{st} =$	0.0003045 m ⁴		
Momen Inersia Concrete	$I_{conc} =$	$\frac{\pi (D_{conc}^4 - D_{corr}^4)}{64}$	$I_{conc} =$	0.000537 m ⁴		
Modulus young concrete	$E_{conc} =$		$E_{conc} =$	22 Gpa		

Wave Calculation

Untuk mengetahui berat minimal pipa per meter yang diisyaratkan stabilitasnya harus dilakukan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Mengecek teori gelombang

Data parameter penentuan teori gelombang yang digunakan,

$$\begin{aligned} H/gT^2 &= 0.004 \\ d/gT^2 &= 0.02 \end{aligned}$$

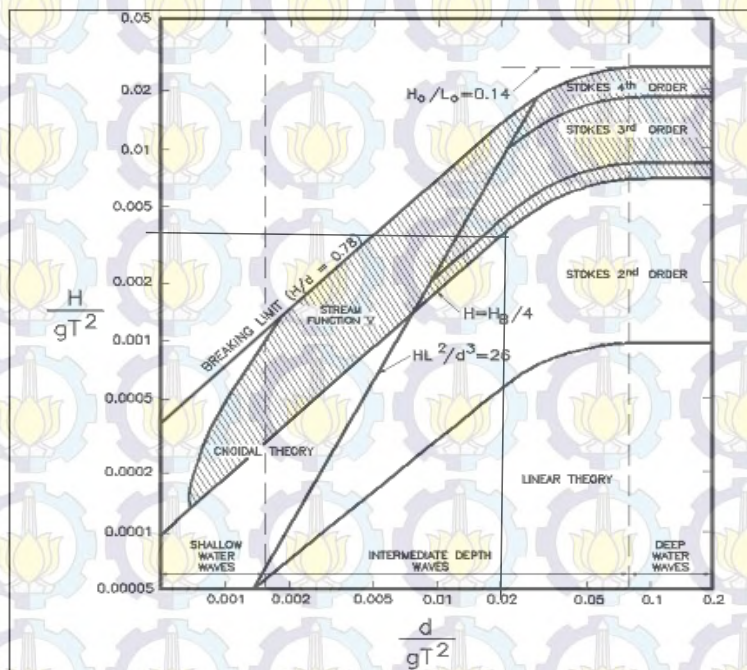


Figure II-1-20. Ranges of suitability of various wave theories (Le Méhauté 1976)

Garis pertemuan antara H/gT^2 dan d/gT^2 terdapat di daerah Stokes orde 2.

Jadi persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan partikel gelombang menggunakan persamaan Stokes orde 2.

2. Menghitung Kecepatan Partikel Gelombang

Kecepatan horizontal (U)

$$\frac{\pi H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta$$

Percepatan horizontal (u/t)

Percepatan horisontal (u/t)

$$\frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta$$

Maka didapatkan nilai kecepatan dan percepatan partikel gelombang,

$$\begin{aligned} U_0 &= 4.082 \text{ m/s} \\ u/t &= 0 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Kecepatan partikel air efektif

$$\begin{aligned} U_{w2} &= 0,788 U^2 \left(\frac{D}{Y_0} \right)^{0,286} \\ U_w &= 2.304 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Current Calculation

kecepatan arus (Uc) 90°

$$U_d = U_r \cdot \left[\frac{\left(1 + \frac{z_o}{D} \right) \cdot \left(\ln \left(\frac{D}{z_o} + 1 \right) - 1 \right)}{\ln \left(\frac{z_r}{z_o} + 1 \right)} \cdot \sin(\theta_{curr}) \right]$$

$$U_d = 0.549564 \text{ m/s}$$

Kecepatan arus efektif

$$\begin{aligned} U_{c2} &= 0,788 U^2 \left(\frac{D}{Y_0} \right)^{0,286} \\ U_c &= 0.31 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jadi kecepatan partikel air dan arus efektif yang terjadi pada pipa bawah laut adalah sebagai berikut ini,

$$\begin{aligned} U_w &= 2.304 \text{ m/s} \\ U_c &= 0.31 \text{ m/s} \\ U &= 6.833 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynolds Number

$$Re = \frac{(U_e) D}{\nu}$$

$$\begin{aligned} Re &= 1044917.1 \\ &= 10.44 \times 10^4 \end{aligned}$$

Tabel 2.4 Recommended Hydrodynamics Coefficient (Mousselli, 1981)

Reynolds number (Re)	Hydrodynamic Coefficient		
	C _d	C _i	C _m
$Re \leq 5.0 \times 10^4$	1.3	1.5	2.0
$5.0 \times 10^4 < Re \leq 1.0 \times 10^5$	1.6	1.0	2.0
$1.0 \times 10^5 < Re \leq 2.5 \times 10^5$	$1.53 - \frac{Re}{3 \times 10^5}$	$1.2 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$	2.0
$2.5 \times 10^5 < Re \leq 5.0 \times 10^5$	0.7	0.7	$2.5 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$
$Re > 5.0 \times 10^5$	0.7	0.7	1.5

$$\begin{aligned} C_d &= 1.600 \\ C_i &= 1.000 \\ C_m &= 2 \end{aligned}$$

Gaya Hidrodinamika

Gaya Drag

$$F_d = C_D \times \frac{1}{2} \times \rho_{water} \times D_{tot} \times U^2$$

$$F_d = 18231.603 \text{ N/m}$$

Gaya Inersia

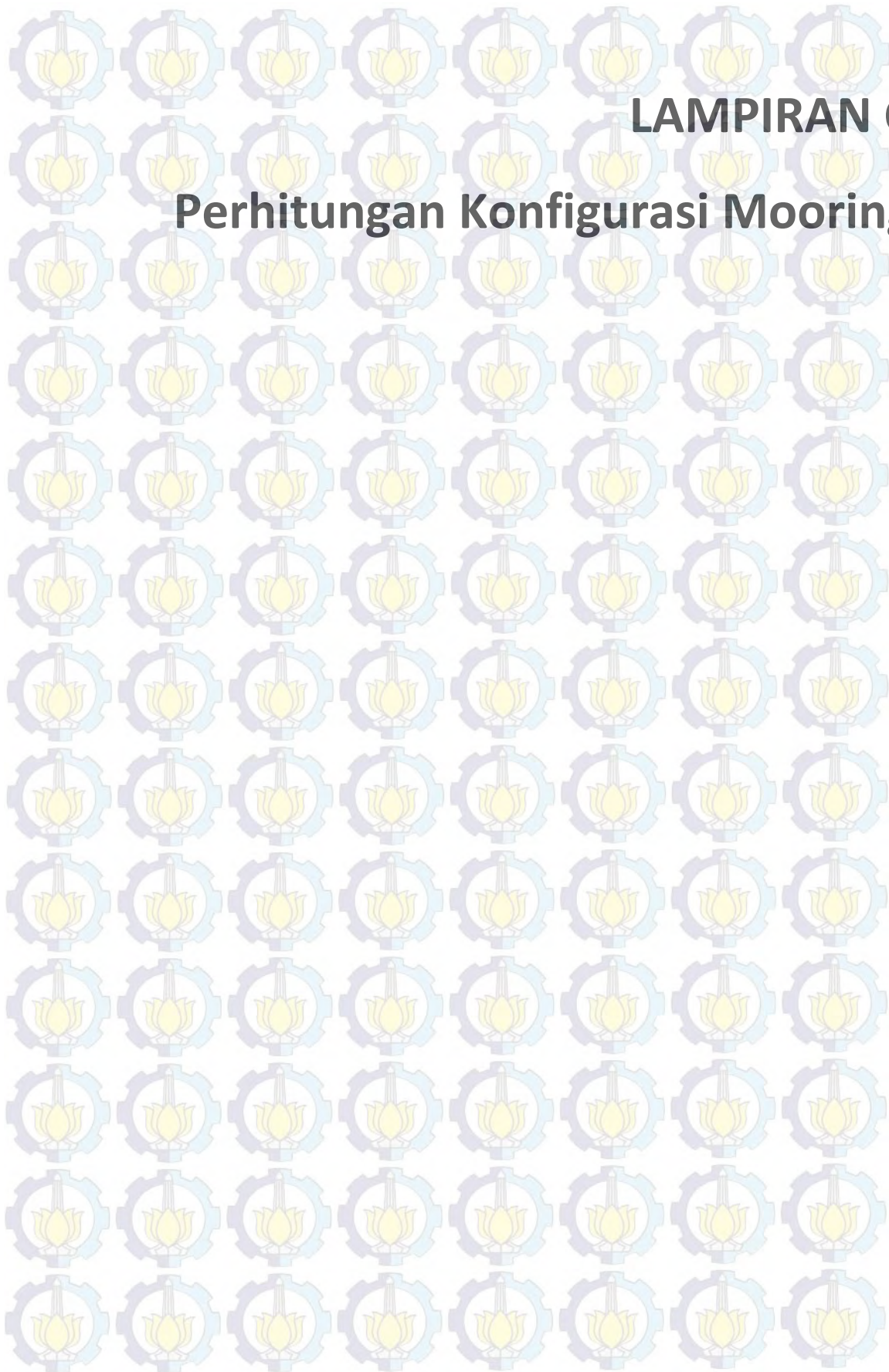
$$F_i = C_M \times \frac{\pi D_{conc}^2}{4} \times \rho_{water} \times du/dt$$

$$F_i = 0.365 \text{ N/m}$$

Gaya Lift

$$F_l = C_L \times \frac{1}{2} \times \rho_{water} \times D_{tot} \times U^2$$

$$F_l = 11394.752 \text{ N/m}$$



LAMPIRAN C

Perhitungan Konfigurasi Mooring

Perhitungan Mooring System

Panjang Barge							
L	=	62	m				
Fd	=	18231.60264	N/m	x	62 m	=	1130359.36 N
Fi	=	0.365107762	N/m	x	62 m	=	22.6366812 N
Fl	=	11394.75165	N/m	x	62 m	=	706474.602 N

F Horizontal

Fd + Fi	=	1130359.364	+	22.63668121	N
	=	1130382.001	N		
	=	1130.382001	kN		

F Vertical

FI	=	706474.6024	N
	=	706.4746024	kN

Jumlah Mooring Line yang digunakan = 4 Mooring Line

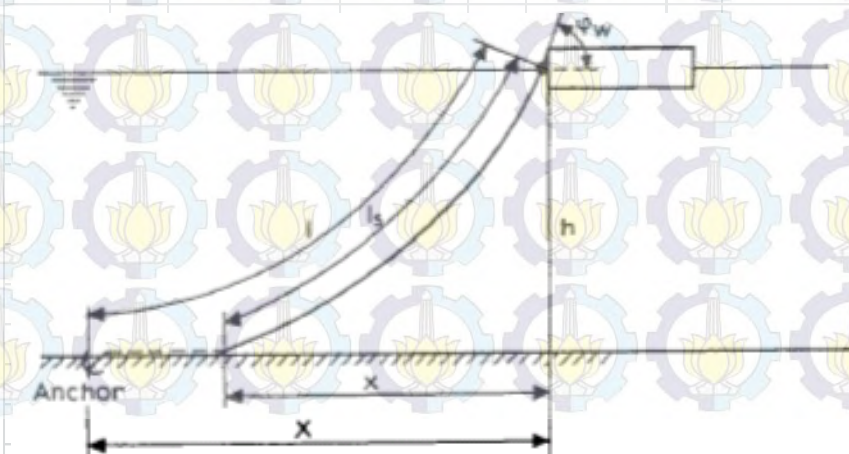
Maka tegangan di tiap Mooring Line adalah

$$\begin{aligned} T_H &= \frac{F \text{ horizontal}}{\text{Jumlah Mooring Line}} \\ &= \frac{1130.382001}{4} \\ &= 282.5955001 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tegangan di tiap mooring line, kemudian didapatkan dimensi mooring yang dapat digunakan, yaitu

Chain Diameter	Length of Five Links	Proof Loads	Breaking Load	Mass kilograms per 27.5 meters
mm	mm	kN	kN	kg
28	616	224.6	320.7	480

Perhitungan Panjang Minimum Anchor Line



$$T_{\text{max}} = T_H + \omega h$$

$$h = h_m + h_c$$

h_c = Tinggi fairlead dari permukaan air

T_H = Gaya horizontal pada mooring di fairlead

$$X = \text{Panjang offset}$$

$l = l_{\min} =$ Panjang minimum anchor line

l_s = Panjang anchor hingga menyentuh tanah

$$= 0.171171215 \text{ kN/m}$$
$$= 10.8 + 1.01$$
$$= 11.81 \text{ m}$$
$$= 282.595 + (0.17117 \times 11.81)$$
$$= 284.6170322 \text{ kN}$$
$$= 197.8255995 \text{ m}$$
$$a = \frac{T_H}{\omega}$$
$$a = 1650.952233$$
$$h = a \left[\cosh\left(\frac{x}{a}\right) - 1 \right]$$
$$11.81 = 1650.95 (\cosh(x/1650.952) - 1)$$
$$x/a = \cosh^{-1}(1.0177)$$
$$= 0.11954$$
$$x = 197.355099 \text{ m}$$

$$l_s = a \sinh\left(\frac{x}{a}\right)$$

$$l_s = 197.8254641$$

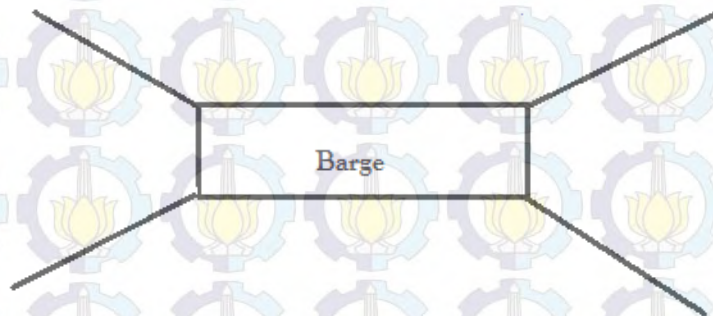
$$X = l - l_s + x$$

$$X = 178.1319 - 178.13044 + 177.608$$

$$= 197.3552344 \text{ m}$$

$$5 \leq \frac{l}{h} \leq 20$$

$$\frac{l}{h} = 16.75068582 \quad \text{OK}$$





LAMPIRAN F

Perhitungan Pulling Force pada Pemodelan Surface Tow

PULLING FORCE CALCULATION

Drag Coefficient (CD)	=	1.6		
Pipe Outside Diameter (OD)	=	476.1992 mm	=	0.476199 m
Diameter of Drum (D _d)	=	584.2 mm	=	0.5842 m
Tug efficiency (η)	=	0.75		

1 Frontal Area of Pipe

$$A_p = \frac{\pi \cdot D_{tot}^2}{4}$$

$$= 0.17801106 \text{ m}^2$$

Drag Force Due To Pipe

$$F_{dp} = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_{sw} \cdot U^2 \cdot A_p$$

$$= 6815.27156 \text{ N}$$

2 Frontal Area of Floater (Drum)

$$A_d = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4}$$

$$= 0.26791237 \text{ m}^2$$

Drag Force Due To Floater (Drum)

$$F_{dd} = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_{sw} \cdot U^2 \cdot A_d \cdot N_d$$

$$= 3456677.385 \text{ N}$$

5 Total Pulling Force

$$F_{pull} = F_{dp} + F_{df}$$

For drum

$$F_{pull} = 3463492.656 \text{ N} = 353.0574 \text{ tonf}$$

6 Bollard Pull Requirement

$$= \frac{F_{pull}}{\eta}$$

$$= 470.74314 \text{ Ton} \quad \text{Max}$$



LAMPIRAN D

Perhitungan Pemotongan Pipa pada Pemodelan Reverse Lay

Perhitungan Panjang Potongan Pipa

Data Barge dan Stinger

Panjang total = 62 m
Beam = 11 m
Depth = 3 m
Draft = 1.99 m
Kapasitas tensioner = 40 ton
Number of pipe tensioner = 1 unit

= 40000 kg

Massa Pipa per satuan panjang

$M_u = M_{st} + M_{corr} + M_{cc}$
= 248.7800875 Kg/m

Panjang potongan pipa yang dibutuhkan

$L_{pipe} = \frac{\text{Kapasitas tensioner}}{\text{Massa pipa}}$
= $\frac{40000 \text{ kg}}{248.7800875 \text{ kg/m}}$
= 160.7845724 m
(dibulatkan kebawah menjadi 160 m)



LAMPIRAN G

Output Hasil Pemodelan

OrcaFlex 9.2f: LAY Potongan 45.dat (modified 6:19 AM on 7/24/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	-77.7113	-25.4066	-50.4979	10.89402	-15472.77127
5	-77.1159	-24.8148	-49.9049	10.89332	-15472.77127
13.75	-82.4859	-30.2582	-55.3223	10.87918	-27507.14892
21.25	-81.9839	-29.7532	-54.8149	10.87983	-27507.14892
28	-82.2089	-29.9793	-55.038	10.87982	-42979.92019
34	-82.6084	-30.3886	-55.4483	10.87939	-42979.92019
40	-83.2627	-31.0404	-56.0991	10.88087	-42979.92019
46	-84.2689	-32.0874	-57.1364	10.8754	-42979.92019
52	-85.9419	-33.9182	-58.9307	10.85016	-42979.92019
58	-88.7884	-37.1375	-62.0381	10.79044	-42979.92019
65	-92.0248	-39.6486	-64.4563	10.88979	-24176.20511
73.5	-91.3078	-39.3013	-64.2959	10.90111	-19102.18675
82.5	-92.3188	-40.4225	-65.7706	10.85445	-19102.18675
92	-94.7857	-42.7322	-68.3999	10.79296	-15472.77127
102	-98.0052	-45.8628	-71.3933	10.77176	-15472.77127
112	-101.102	-48.5418	-73.733	10.8229	-15472.77127
122	-103.169	-49.9825	-74.95	10.92631	-15472.77127
132	-103.837	-50.1034	-75.0774	11.04748	-15472.77127
142	-103.501	-49.3547	-74.6515	11.17044	-15472.77127
153.5	-114.574	-66.9128	-91.5241	9.66656	-9155.485959
160	-144.62	-96.9348	-121.841	9.702078	-9155.485959

Teg. maks -144.62

OrcaFlex 9.2f: LAY Potongan 45.dat (modified 6:19 AM on 7/24/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Max von Mises Stress (kPa)

Period: t = -8.000 to

16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Allowable Stress
0	2921.78	3565.906	3180.942	135.7583	358530
5	105777.1	107006.2	106351.9	240.9998	358530
13.75	163228.3	165295.3	164219.5	417.0664	358530
21.25	89294.97	95275.5	91346.08	1241.11	358530
28	58314.05	66946.54	60905.05	1977.157	358530
34	56135.26	63431.13	58423.55	1707.699	358530
40	74261.42	79988.56	76965.73	1064.907	358530
46	117575.4	126822.3	123129.4	2142.817	358530
52	184808.2	203307.1	196358.1	4117.88	358530
58	276625.9	306822.3	295592	6557.183	358530
65	270013	286267.3	281619.1	3827.999	358530
73.5	135694.9	154231.3	143783.6	4080.843	358530
82.5	9450.604	57399.96	23758.05	11526.49	358530
92	85612.51	100672.1	93371.78	3323.322	358530
102	162587.5	174111.5	169186.7	2679.481	358530
112	202277.7	208859	206542.6	1379.625	358530
122	195755.2	210122.3	202733.6	3099.789	358530
132	151080.8	168238.3	157662.8	3960.051	358530
142	69358.6	82673.99	73725.29	3100.645	358530
153.5	11024.39	20273.49	13554.43	2443.941	358530
160	3851.885	4798.162	4316.861	192.2507	358530

OrcaFlex 9.2f: LAY Potongan 90.dat (modified 6:23 AM on 7/24/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	-77.473	38.79282	-29.2531	31.64945	-15472.77127
5	-76.8837	39.37857	-28.6654	31.64854	-15472.77127
13.75	-82.2714	33.89662	-34.0923	31.62402	-27507.14892
21.25	-81.7767	34.3671	-33.6064	31.61842	-27507.14892
28	-82.0088	34.10626	-33.8477	31.61229	-42979.92019
34	-82.4206	33.76575	-34.2315	31.63033	-42979.92019
40	-83.0848	33.10413	-34.8916	31.63173	-42979.92019
46	-84.1138	32.11661	-35.907	31.64042	-42979.92019
52	-85.8358	30.50752	-37.6016	31.66167	-42979.92019
58	-88.7663	27.8799	-40.4914	31.72428	-42979.92019
65	-91.8592	25.88961	-43.2525	32.01058	-24176.20511
73.5	-91.8596	25.8752	-43.2824	32.02814	-19102.18675
82.5	-93.2506	24.28063	-44.73	31.96872	-19102.18675
92	-95.7287	21.76084	-47.2089	31.94565	-15472.77127
102	-98.6139	18.92603	-50.0433	31.9676	-15472.77127
112	-100.975	16.54864	-52.3662	31.9947	-15472.77127
122	-102.329	15.01564	-53.76	31.97845	-15472.77127
132	-102.629	14.40843	-54.1865	31.9052	-15472.77127
142	-102.308	14.45615	-53.9965	31.82044	-15472.77127
153.5	-112.95	14.84003	-58.6767	36.57087	-9155.485959
160	-143.203	-15.2173	-88.8396	36.63149	-9155.485959

Teg. Maks -143.203

OrcaFlex 9.2f: LAY Potongan 135.dat (modified 6:25 AM on 7/24/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	-77.7155	-46.9539	-59.1833	7.994626	-15472.77127
5	-77.1331	-46.3721	-58.6013	7.994423	-15472.77127
13.75	-82.5509	-51.8104	-64.0328	7.988684	-27507.14892
21.25	-82.0547	-51.3233	-63.5409	7.986735	-27507.14892
28	-82.2882	-51.5646	-63.778	7.985016	-42979.92019
34	-82.719	-51.9852	-64.204	7.988016	-42979.92019
40	-83.3816	-52.6509	-64.8678	7.988432	-42979.92019
46	-84.4333	-53.6957	-65.9173	7.992158	-42979.92019
52	-86.2423	-55.4818	-67.7202	8.000735	-42979.92019
58	-89.3575	-58.5751	-70.8197	8.006804	-42979.92019
65	-91.952	-61.2221	-73.3599	8.015896	-24176.20511
73.5	-92.8573	-60.1025	-73.2693	8.34509	-19102.18675
82.5	-94.6586	-62.0192	-74.7977	8.397083	-19102.18675
92	-96.9623	-64.8432	-77.4767	8.308651	-15472.77127
102	-99.4218	-68.0608	-80.5111	8.100818	-15472.77127
112	-101.347	-70.7265	-82.8734	7.883899	-15472.77127
122	-102.312	-72.1984	-84.0954	7.756159	-15472.77127
132	-102.389	-72.414	-84.223	7.778605	-15472.77127
142	-102.125	-71.8877	-83.8146	7.915871	-15472.77127
153.5	-117.805	-87.1242	-100.627	7.466703	-9155.485959
160	-148.274	-117.346	-130.98	7.524003	-9155.485959

Teg. Maks -148.274

OrcaFlex 9.2f: LAY Potongan 135.dat (modified 6:25 AM on 7/24/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Max von Mises Stress (kPa)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Allowable Stress
0	3120.893	3585.737	3292.809	120.1891434	358530
5	106166.4	107247.7	106642.6	267.0550039	358530
13.75	164179.3	165336.3	164618.1	291.0043072	358530
21.25	90565.19	92736.07	91671.01	408.0788229	358530
28	58757.15	62934.14	60852.82	768.3757135	358530
34	56893.61	59491.2	58231.36	555.2370381	358530
40	74847.53	79585.3	76877.4	1033.606178	358530
46	118815.5	128543	123054.4	2011.596725	358530
52	189385.1	204315	196044.7	2900.464125	358530
58	285848.8	305262.1	294471.3	3699.803762	358530
65	277197.4	283592.4	281381.7	1368.622951	358530
73.5	134857	152021.8	145194.5	3994.191099	358530
82.5	9742.623	36990.13	22692.49	5497.329812	358530
92	84709.79	98930.56	91275.71	2856.935265	358530
102	166009.8	172878.8	168987	1831.686602	358530
112	203506.3	210403.5	207505	1671.596317	358530
122	198597.6	209509.3	204122.4	2198.11272	358530
132	154696.8	163462.4	158705.2	2005.709425	358530
142	72012.15	75914.05	73714.3	844.137981	358530
153.5	11480.29	15904	13126.16	1227.486942	358530
160	4237.643	4902.915	4530.309	159.5705187	358530

305262.1

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 45.dat (modified 7:37 AM on 7/28/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	3548.091	3584.005	3570.063	9.649111	-175722.722
1.4836795	3547.821	3584.07	3569.873	9.661116	-175722.722
4.4510385	3547.232	3584.496	3569.652	9.726465	-175722.722
7.4183975	3546.778	3584.68	3569.573	9.874015	-175722.722
10.3857565	3546.443	3584.821	3569.597	10.08617	-175722.722
13.3531155	3546.053	3585.187	3569.69	10.34036	-175722.722
16.3204745	3545.501	3585.802	3569.824	10.59912	-175722.722
19.2878335	3544.938	3586.469	3569.978	10.83108	-175722.722
22.2551925	3544.577	3587.034	3570.145	11.02434	-175722.722
25.2225515	3544.462	3587.526	3570.322	11.1749	-175722.722
28.1899105	3544.664	3588.067	3570.501	11.2843	-175722.722
31.1572695	3544.957	3588.665	3570.677	11.35413	-175722.722
34.1246285	3545.288	3589.174	3570.848	11.37941	-175722.722
37.0919875	3545.699	3589.456	3571.017	11.35682	-175722.722
40.0593465	3546.256	3589.515	3571.185	11.28686	-175722.722
43.0267055	3546.925	3589.386	3571.35	11.17263	-175722.722
45.9940645	3547.696	3589.199	3571.509	11.01751	-175722.722
48.9614235	3548.461	3589	3571.661	10.82444	-175722.722
51.9287825	3549.174	3588.756	3571.806	10.59696	-175722.722
54.8961415	3549.891	3588.413	3571.946	10.34075	-175722.722
57.8635005	3550.705	3588.011	3572.082	10.06477	-175722.722
60.8308595	3551.627	3587.65	3572.215	9.780837	-175722.722
63.7982185	3552.651	3587.424	3572.346	9.501673	-175722.722
66.7655775	3553.67	3587.356	3572.475	9.239011	-175722.722
69.7329365	3554.578	3587.393	3572.604	9.003053	-175722.722
72.7002955	3555.31	3587.529	3572.732	8.802766	-175722.722
75.6676545	3555.866	3587.787	3572.861	8.645731	-175722.722
78.6350135	3556.184	3588.176	3572.988	8.537021	-175722.722
81.6023725	3556.235	3588.617	3573.115	8.477974	-175722.722
84.5697315	3556.09	3589.039	3573.243	8.466197	-175722.722
87.5370905	3555.81	3589.387	3573.373	8.49668	-175722.722
90.5044495	3555.476	3589.65	3573.505	8.562905	-175722.722
93.4718085	3555.102	3589.866	3573.64	8.656896	-175722.722
96.4391675	3554.674	3590.037	3573.777	8.769093	-175722.722
99.4065265	3554.202	3590.154	3573.917	8.888802	-175722.722
102.3738855	3553.73	3590.204	3574.058	9.005629	-175722.722

105.3412445	3553.311	3590.18	3574.2	9.110683	-175722.722
108.3086035	3552.979	3590.088	3574.342	9.197211	-175722.722
111.2759625	3552.745	3589.939	3574.484	9.260638	-175722.722
114.2433215	3552.574	3589.743	3574.624	9.298417	-175722.722
117.2106805	3552.51	3589.508	3574.762	9.310208	-175722.722
120.1780395	3552.55	3589.232	3574.899	9.297938	-175722.722
123.1453985	3552.681	3588.949	3575.035	9.265418	-175722.722
126.1127575	3552.873	3588.707	3575.17	9.217732	-175722.722
129.0801165	3553.08	3588.56	3575.305	9.160576	-175722.722
132.0474755	3553.301	3588.493	3575.439	9.099989	-175722.722
135.0148345	3553.529	3588.5	3575.574	9.042364	-175722.722
137.9821935	3553.763	3588.571	3575.709	8.994539	-175722.722
140.9495525	3554	3588.706	3575.847	8.963342	-175722.722
143.9169115	3554.231	3588.912	3575.985	8.954768	-175722.722
146.8842705	3554.443	3589.214	3576.127	8.973353	-175722.722
149.8516295	3554.626	3589.587	3576.27	9.02151	-175722.722
152.8189885	3554.783	3590.042	3576.417	9.099752	-175722.722
155.7863475	3554.909	3590.594	3576.567	9.206722	-175722.722
158.7537065	3555.011	3591.267	3576.721	9.33952	-175722.722
161.7210655	3555.092	3592.085	3576.879	9.493933	-175722.722
164.6884245	3555.155	3592.995	3577.043	9.664973	-175722.722
167.6557835	3555.208	3593.964	3577.214	9.847434	-175722.722
170.6231425	3555.26	3594.952	3577.393	10.03612	-175722.722
173.5905015	3555.311	3595.919	3577.582	10.22585	-175722.722
176.5578605	3555.357	3596.82	3577.78	10.41105	-175722.722
179.5252195	3555.394	3597.615	3577.989	10.58542	-175722.722
182.4925785	3555.429	3598.316	3578.208	10.74199	-175722.722
185.4599375	3555.483	3598.866	3578.435	10.87332	-175722.722
188.4272965	3555.573	3599.245	3578.67	10.97191	-175722.722
191.3946555	3555.712	3599.49	3578.91	11.03084	-175722.722
194.3620145	3555.937	3599.612	3579.153	11.04445	-175722.722
197.3293735	3556.271	3599.594	3579.398	11.00908	-175722.722
200.2967325	3556.73	3599.466	3579.643	10.92357	-175722.722
203.2640915	3557.279	3599.278	3579.888	10.78921	-175722.722
206.2314505	3557.958	3599.054	3580.134	10.60955	-175722.722
209.1988095	3558.763	3598.815	3580.378	10.39	-175722.722
212.1661685	3559.667	3598.587	3580.623	10.1375	-175722.722
215.1335275	3560.615	3598.379	3580.867	9.860246	-175722.722
218.1008865	3561.601	3598.194	3581.11	9.567448	-175722.722
221.0682455	3562.591	3598.031	3581.353	9.269096	-175722.722
224.0356045	3563.551	3597.906	3581.596	8.975451	-175722.722
227.0029635	3564.423	3597.81	3581.838	8.6965	-175722.722
229.9703225	3565.192	3597.751	3582.078	8.441238	-175722.722
232.9376815	3565.85	3597.738	3582.318	8.216997	-175722.722
235.9050405	3566.376	3597.78	3582.555	8.028888	-175722.722

238.8723995	3566.764	3597.887	3582.789	7.879401	-175722.722
241.8397585	3567.051	3598.06	3583.02	7.768265	-175722.722
244.8071175	3567.242	3598.287	3583.247	7.692826	-175722.722
247.7744765	3567.337	3598.55	3583.469	7.648541	-175722.722
250.7418355	3567.391	3598.822	3583.687	7.629737	-175722.722
253.7091945	3567.423	3599.076	3583.899	7.630349	-175722.722
256.6765535	3567.445	3599.287	3584.106	7.644476	-175722.722
259.6439125	3567.461	3599.433	3584.308	7.66676	-175722.722
262.6112715	3567.47	3599.501	3584.506	7.692725	-175722.722
265.5786305	3567.47	3599.491	3584.699	7.719089	-175722.722
268.5459895	3567.457	3599.414	3584.888	7.744086	-175722.722
271.5133485	3567.427	3599.295	3585.074	7.767516	-175722.722
274.4807075	3567.376	3599.158	3585.259	7.790682	-175722.722
277.4480665	3567.298	3599.027	3585.443	7.816173	-175722.722
280.4154255	3567.187	3598.921	3585.627	7.847469	-175722.722
283.3827845	3567.042	3598.856	3585.813	7.888563	-175722.722
286.3501435	3566.868	3598.849	3586.003	7.943418	-175722.722
289.3175025	3566.668	3598.913	3586.196	8.015327	-175722.722
292.2848615	3566.445	3599.054	3586.395	8.106451	-175722.722
295.2522205	3566.214	3599.276	3586.6	8.217576	-175722.722
298.2195795	3565.997	3599.586	3586.812	8.348046	-175722.722
301.1869385	3565.817	3599.992	3587.032	8.496085	-175722.722
304.1542975	3565.68	3600.474	3587.26	8.658907	-175722.722
307.1216565	3565.591	3601.024	3587.498	8.832793	-175722.722
310.0890155	3565.572	3601.635	3587.741	9.011796	-175722.722
313.0563745	3565.632	3602.296	3587.984	9.188375	-175722.722
316.0237335	3565.775	3602.999	3588.225	9.35587	-175722.722
318.9910925	3565.997	3603.736	3588.463	9.509657	-175722.722
321.9584515	3566.269	3604.506	3588.69	9.646277	-175722.722
324.9258105	3566.59	3605.283	3588.9	9.761	-175722.722
327.8931695	3566.969	3606.046	3589.106	9.850811	-175722.722
330.8605285	3567.414	3606.778	3589.307	9.914518	-175722.722
333.8278875	3567.931	3607.475	3589.504	9.952329	-175722.722
336.7952465	3568.526	3608.124	3589.697	9.966147	-175722.722
339.7626055	3569.195	3608.723	3589.887	9.95937	-175722.722
342.7299645	3569.905	3609.279	3590.077	9.936783	-175722.722
345.6973235	3570.665	3609.805	3590.266	9.903957	-175722.722
348.6646825	3571.448	3610.318	3590.458	9.866763	-175722.722
351.6320415	3572.223	3610.834	3590.653	9.83064	-175722.722
354.5994005	3572.951	3611.362	3590.852	9.79994	-175722.722
357.5667595	3573.572	3611.901	3591.056	9.777439	-175722.722
360.5341185	3574.089	3612.44	3591.265	9.764081	-175722.722
363.5014775	3574.513	3612.965	3591.479	9.758968	-175722.722
366.4688365	3574.866	3613.464	3591.695	9.759094	-175722.722
369.4361955	3575.173	3613.927	3591.914	9.760159	-175722.722

372.4035545	3575.459	3614.345	3592.133	9.757155	-175722.722
375.3709135	3575.746	3614.708	3592.35	9.744572	-175722.722
378.3382725	3576.052	3615.004	3592.566	9.717178	-175722.722
381.3056315	3576.397	3615.228	3592.777	9.670368	-175722.722
384.2729905	3576.79	3615.383	3592.984	9.600501	-175722.722
387.2403495	3577.238	3615.424	3593.185	9.50544	-175722.722
390.2077085	3577.743	3615.335	3593.379	9.384997	-175722.722
393.1750675	3578.303	3615.106	3593.567	9.241064	-175722.722
396.1424265	3578.915	3614.785	3593.748	9.077646	-175722.722
399.1097855	3579.566	3614.346	3593.925	8.900662	-175722.722
402.0771445	3580.237	3613.83	3594.097	8.717754	-175722.722
405.0445035	3580.903	3613.283	3594.265	8.53794	-175722.722
408.0118625	3581.539	3612.752	3594.43	8.371182	-175722.722
410.9792215	3582.124	3612.286	3594.594	8.2278	-175722.722
413.9465805	3582.646	3611.965	3594.757	8.117668	-175722.722
416.9139395	3583.097	3611.77	3594.919	8.049731	-175722.722
419.8812985	3583.462	3611.752	3595.081	8.030961	-175722.722
422.8486575	3583.72	3611.86	3595.241	8.064901	-175722.722
425.8160165	3583.901	3612.063	3595.401	8.151065	-175722.722
428.7833755	3583.978	3612.336	3595.559	8.284955	-175722.722
431.7507345	3583.384	3612.677	3595.714	8.458611	-175722.722
434.7180935	3582.774	3613.055	3595.865	8.661948	-175722.722
437.6854525	3582.148	3613.455	3596.008	8.884213	-175722.722
440.6528115	3581.508	3613.863	3596.144	9.115889	-175722.722
443.6201705	3580.853	3614.264	3596.269	9.34952	-175722.722
446.5875295	3580.183	3614.649	3596.385	9.580248	-175722.722
449.5548885	3579.501	3615.01	3596.49	9.805884	-175722.722
452.5222475	3578.807	3615.341	3596.585	10.02661	-175722.722
455.4896065	3578.103	3615.638	3596.67	10.2445	-175722.722
458.4569655	3577.389	3615.905	3596.742	10.46323	-175722.722
461.4243245	3576.666	3616.146	3596.8	10.6877	-175722.722
464.3916835	3575.936	3616.37	3596.84	10.92367	-175722.722
467.3590425	3575.2	3616.589	3596.857	11.17737	-175722.722
470.3264015	3574.458	3616.81	3596.844	11.45478	-175722.722
473.2937605	3573.713	3617.047	3596.801	11.76029	-175722.722
476.2611195	3572.967	3617.315	3596.731	12.09502	-175722.722
479.2284785	3572.221	3617.637	3596.643	12.45708	-175722.722
482.1958375	3571.48	3618.035	3596.544	12.84295	-175722.722
485.1631965	3570.749	3618.523	3596.439	13.24744	-175722.722
488.1305555	3570.036	3619.111	3596.335	13.66356	-175722.722
491.0979145	3569.355	3619.822	3596.24	14.0822	-175722.722
494.0652735	3568.833	3620.602	3596.18	14.46986	-175722.722
497.0326325	3568.493	3621.421	3596.19	14.79188	-175722.722
499.9999915	3568.337	3622.237	3596.27	15.04454	-175722.722
502.9673505	3568.364	3623	3596.421	15.2258	-175722.722

505.9347095	3568.574	3623.668	3596.642	15.33496	-175722.722
508.9020685	3568.967	3624.255	3596.93	15.37261	-175722.722
511.8694275	3569.544	3624.726	3597.282	15.34056	-175722.722
514.8367865	3570.303	3625.09	3597.695	15.24139	-175722.722
517.8041455	3571.246	3625.374	3598.163	15.07838	-175722.722
520.7715045	3572.333	3625.607	3598.672	14.86674	-175722.722
523.7388635	3573.451	3625.818	3599.188	14.64257	-175722.722
526.7062225	3574.584	3626.033	3599.707	14.40991	-175722.722
529.6735815	3575.725	3626.271	3600.225	14.17135	-175722.722
532.6409405	3576.868	3626.541	3600.74	13.92883	-175722.722
535.6082995	3578.008	3626.844	3601.25	13.68401	-175722.722
538.5756585	3579.144	3627.175	3601.754	13.43831	-175722.722
541.5430175	3580.272	3627.524	3602.25	13.19298	-175722.722
544.5103765	3581.391	3627.882	3602.736	12.94891	-175722.722
547.4777355	3582.5	3628.232	3603.212	12.70655	-175722.722
550.4450945	3583.595	3628.554	3603.676	12.46588	-175722.722
553.4124535	3584.678	3628.825	3604.128	12.2266	-175722.722
556.3798125	3585.745	3629.028	3604.568	11.98835	-175722.722
559.3471715	3586.796	3629.156	3604.994	11.75074	-175722.722
562.3145305	3587.83	3629.214	3605.407	11.51345	-175722.722
565.2818895	3588.845	3629.212	3605.807	11.27639	-175722.722
568.2492485	3589.841	3629.168	3606.196	11.04012	-175722.722
571.2166075	3590.817	3629.095	3606.573	10.80449	-175722.722
574.1839665	3591.772	3629.007	3606.938	10.56913	-175722.722
577.1513255	3592.707	3628.916	3607.293	10.33469	-175722.722
580.1186845	3593.099	3628.826	3607.638	10.10154	-175722.722
583.0860435	3593.488	3628.733	3607.973	9.870088	-175722.722
586.0534025	3593.871	3628.634	3608.3	9.64168	-175722.722
589.0207615	3594.231	3628.524	3608.62	9.418619	-175722.722
591.9881205	3594.556	3628.409	3608.933	9.20414	-175722.722
594.9554795	3594.837	3628.321	3609.241	9.001919	-175722.722
597.9228385	3595.076	3628.265	3609.545	8.8154	-175722.722
600.8901975	3595.278	3628.238	3609.844	8.647478	-175722.722
603.8575565	3595.45	3628.234	3610.14	8.500228	-175722.722
606.8249155	3595.594	3628.247	3610.431	8.375165	-175722.722
609.7922745	3595.708	3628.273	3610.717	8.273077	-175722.722
612.7596335	3595.782	3628.312	3610.999	8.194354	-175722.722
615.7269925	3595.82	3628.367	3611.276	8.138953	-175722.722
618.6943515	3595.835	3628.447	3611.549	8.106629	-175722.722
621.6617105	3595.832	3628.576	3611.817	8.097098	-175722.722
624.6290695	3595.815	3628.753	3612.082	8.109864	-175722.722
627.5964285	3595.785	3628.981	3612.345	8.144171	-175722.722
630.5637875	3595.746	3629.256	3612.604	8.198786	-175722.722
633.5311465	3595.694	3629.566	3612.862	8.271949	-175722.722
636.4985055	3595.624	3629.896	3613.12	8.361493	-175722.722

639.4658645	3595.531	3630.231	3613.377	8.464901	-175722.722
642.4332235	3595.419	3630.557	3613.635	8.579283	-175722.722
645.4005825	3595.293	3630.866	3613.895	8.701389	-175722.722
648.3679415	3595.168	3631.155	3614.156	8.827522	-175722.722
651.3353005	3595.065	3631.428	3614.42	8.953988	-175722.722
654.3026595	3594.998	3631.696	3614.686	9.077322	-175722.722
657.2700185	3594.98	3631.972	3614.955	9.194587	-175722.722
660.2373775	3595.015	3632.271	3615.228	9.303612	-175722.722
663.2047365	3595.103	3632.6	3615.503	9.403168	-175722.722
666.1720955	3595.235	3632.959	3615.782	9.493089	-175722.722
669.1394545	3595.401	3633.348	3616.064	9.574281	-175722.722
672.1068135	3595.584	3633.766	3616.349	9.64843	-175722.722
675.0741725	3595.772	3634.213	3616.636	9.717636	-175722.722
678.0415315	3595.958	3634.699	3616.922	9.783862	-175722.722
681.0088905	3596.14	3635.209	3617.204	9.848121	-175722.722
683.9762495	3596.323	3635.741	3617.479	9.909831	-175722.722
686.9436085	3596.509	3636.293	3617.744	9.966976	-175722.722
689.9109675	3596.698	3636.86	3618	10.02191	-175722.722
692.8783265	3596.893	3637.44	3618.25	10.06914	-175722.722
695.8456855	3597.098	3638.025	3618.501	10.10456	-175722.722
698.8130445	3597.317	3638.607	3618.752	10.12634	-175722.722
701.7804035	3597.554	3639.177	3619.003	10.13315	-175722.722
704.7477625	3597.811	3639.732	3619.256	10.12435	-175722.722
707.7151215	3598.089	3640.261	3619.509	10.09979	-175722.722
710.6824805	3598.388	3640.771	3619.763	10.05966	-175722.722
713.6498395	3598.708	3641.235	3620.018	10.00426	-175722.722
716.6171985	3599.056	3641.624	3620.273	9.934	-175722.722
719.5845575	3599.433	3641.917	3620.53	9.849437	-175722.722
722.5519165	3599.834	3642.103	3620.787	9.751371	-175722.722
725.5192755	3600.259	3642.208	3621.045	9.640868	-175722.722
728.4866345	3600.711	3642.232	3621.305	9.519376	-175722.722
731.4539935	3601.2	3642.179	3621.566	9.388666	-175722.722
734.4213525	3601.736	3642.079	3621.829	9.251051	-175722.722
737.3887115	3602.326	3641.964	3622.095	9.109337	-175722.722
740.3560705	3602.973	3641.864	3622.363	8.966734	-175722.722
743.3234295	3603.674	3641.793	3622.633	8.826777	-175722.722
746.2907885	3604.416	3641.754	3622.907	8.693201	-175722.722
749.2581475	3605.178	3641.742	3623.183	8.57001	-175722.722
752.2255065	3605.93	3641.746	3623.463	8.461397	-175722.722
755.1928655	3606.632	3641.765	3623.747	8.371508	-175722.722
758.1602245	3607.254	3641.796	3624.034	8.304019	-175722.722
761.1275835	3607.776	3641.845	3624.324	8.261585	-175722.722
764.0949425	3608.198	3641.917	3624.619	8.245542	-175722.722
767.0623015	3608.498	3642.018	3624.916	8.255866	-175722.722
770.0296605	3608.722	3642.171	3625.217	8.291386	-175722.722

772.9970195	3608.89	3642.371	3625.521	8.349905	-175722.722
775.9643785	3609.015	3642.615	3625.828	8.428604	-175722.722
778.9317375	3609.104	3642.895	3626.136	8.524231	-175722.722
781.8990965	3609.163	3643.207	3626.447	8.633591	-175722.722
784.8664555	3609.188	3643.548	3626.76	8.75358	-175722.722
787.8338145	3609.182	3643.92	3627.074	8.881088	-175722.722
790.8011735	3609.151	3644.327	3627.389	9.012696	-175722.722
793.7685325	3609.108	3644.769	3627.703	9.144507	-175722.722
796.7358915	3609.07	3645.245	3628.017	9.272308	-175722.722
799.7032505	3609.049	3645.753	3628.329	9.391951	-175722.722
802.6706095	3609.048	3646.293	3628.638	9.499738	-175722.722
805.6379685	3609.071	3646.865	3628.945	9.592716	-175722.722
808.6053275	3609.119	3647.455	3629.248	9.668787	-175722.722
811.5726865	3609.195	3648.052	3629.548	9.726779	-175722.722
814.5400455	3609.303	3648.651	3629.846	9.766511	-175722.722
817.5074045	3609.441	3649.248	3630.143	9.788673	-175722.722
820.4747635	3609.61	3649.842	3630.438	9.794586	-175722.722
823.4421225	3609.812	3650.428	3630.732	9.785946	-175722.722
826.4094815	3610.051	3651	3631.026	9.764448	-175722.722
829.3768405	3610.33	3651.548	3631.321	9.731865	-175722.722
832.3441995	3610.647	3652.044	3631.617	9.690043	-175722.722
835.3115585	3610.993	3652.478	3631.915	9.64103	-175722.722
838.2789175	3611.363	3652.849	3632.217	9.587048	-175722.722
841.2462765	3611.758	3653.161	3632.523	9.530182	-175722.722
844.2136355	3612.176	3653.42	3632.834	9.472334	-175722.722
847.1809945	3612.634	3653.635	3633.151	9.415122	-175722.722
850.1483535	3613.139	3653.82	3633.474	9.359792	-175722.722
853.1157125	3613.691	3653.998	3633.804	9.307076	-175722.722
856.0830715	3614.284	3654.161	3634.139	9.256742	-175722.722
859.0504305	3614.911	3654.301	3634.48	9.20767	-175722.722
862.0177895	3615.566	3654.401	3634.825	9.158348	-175722.722
864.9851485	3616.231	3654.45	3635.175	9.10772	-175722.722
867.9525075	3616.881	3654.455	3635.529	9.055671	-175722.722
870.9198665	3617.493	3654.44	3635.886	9.003026	-175722.722
873.8872255	3618.065	3654.429	3636.247	8.951061	-175722.722
876.8545845	3618.615	3654.438	3636.611	8.901303	-175722.722
879.8219435	3619.165	3654.476	3636.979	8.85587	-175722.722
882.7893025	3619.72	3654.555	3637.35	8.817594	-175722.722
885.7566615	3620.267	3654.687	3637.725	8.789898	-175722.722
888.7240205	3620.785	3654.873	3638.103	8.776073	-175722.722
891.6913795	3621.247	3655.108	3638.483	8.778671	-175722.722
894.6587385	3621.643	3655.361	3638.865	8.799409	-175722.722
897.6260975	3621.968	3655.638	3639.249	8.839347	-175722.722
900.5934565	3622.202	3655.977	3639.633	8.898782	-175722.722
903.5608155	3622.348	3656.417	3640.016	8.976353	-175722.722

906.5281745	3622.44	3656.99	3640.398	9.068652	-175722.722
909.4955335	3622.526	3657.713	3640.778	9.170731	-175722.722
912.4628925	3622.628	3658.538	3641.155	9.277682	-175722.722
915.4302515	3622.726	3659.457	3641.531	9.38598	-175722.722
918.3976105	3622.78	3660.466	3641.906	9.493616	-175722.722
921.3649695	3622.772	3661.528	3642.281	9.599277	-175722.722
924.3323285	3622.725	3662.569	3642.658	9.701465	-175722.722
927.2996875	3622.675	3663.5	3643.037	9.798464	-175722.722
930.2670465	3622.636	3664.283	3643.42	9.888676	-175722.722
933.2344055	3622.614	3664.95	3643.806	9.970197	-175722.722
936.2017645	3622.64	3665.574	3644.195	10.03929	-175722.722
939.1691235	3622.788	3666.122	3644.583	10.0896	-175722.722
942.1364825	3623.118	3666.542	3644.968	10.11362	-175722.722
945.1038415	3623.626	3666.801	3645.352	10.10532	-175722.722
948.0712005	3624.213	3666.974	3645.734	10.0623	-175722.722
951.0385595	3624.851	3667.117	3646.114	9.985634	-175722.722
954.0059185	3625.522	3667.32	3646.493	9.877909	-175722.722
956.9732775	3626.292	3667.578	3646.872	9.741831	-175722.722
959.9406365	3627.234	3667.826	3647.253	9.581252	-175722.722
962.9079955	3628.33	3668.045	3647.64	9.403747	-175722.722
965.8753545	3629.443	3668.301	3648.031	9.221099	-175722.722
968.8427135	3630.43	3668.642	3648.425	9.045825	-175722.722
971.8100725	3631.275	3668.981	3648.821	8.886798	-175722.722
974.7774315	3632.084	3669.12	3649.221	8.74945	-175722.722
977.7447905	3632.901	3668.945	3649.632	8.642488	-175722.722
980.7121495	3633.591	3668.627	3650.061	8.582628	-175722.722
983.6795085	3633.906	3668.621	3650.508	8.57976	-175722.722
986.6468675	3634.047	3668.929	3650.974	8.627096	-175722.722
989.6142265	3634.395	3669.417	3651.465	8.703174	-175722.722
992.5815855	3635.1	3669.942	3651.984	8.787323	-175722.722
995.5489445	3636.176	3670.519	3652.529	8.878936	-175722.722
998.5163035	3637.208	3671.175	3653.097	8.975004	-175722.722
999.999983	3637.685	3671.64	3653.469	9.041335	-175722.722

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 45.dat (modified 7:37 AM on 7/28/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Max von Mises Stress (kPa)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Allowable Stress
0	100536.6	101553.8	101159.8	273.1878158	280728.99
1.4836795	103152	107731.8	104656.5	1330.474689	280728.99
4.4510385	106219.2	118386.6	109879	3281.914907	280728.99
7.4183975	108124.9	124184.8	112331.5	3970.269879	280728.99
10.3857565	109440.7	126263.1	113233.9	3802.899056	280728.99
13.3531155	110265.8	125168.7	113332.7	3129.141851	280728.99
16.3204745	110845.9	122116.6	113091.4	2278.974513	280728.99
19.2878335	111073.6	118891.6	112762.6	1584.451322	280728.99
22.2551925	110143	116518.4	112454.3	1256.242886	280728.99
25.2225515	109184.4	114863	112207.6	1225.476058	280728.99
28.1899105	108619.8	114586.8	112034.6	1274.828322	280728.99
31.1572695	108482.3	114471.3	111921.6	1300.836659	280728.99
34.1246285	108566.2	114232	111847.8	1296.045746	280728.99
37.0919875	108770.1	114045.1	111802.4	1265.171614	280728.99
40.0593465	109085.4	113989.9	111778.2	1218.575598	280728.99
43.0267055	109233	113853.9	111768.1	1169.753237	280728.99
45.9940645	109360.9	113694.2	111765.1	1123.329589	280728.99
48.9614235	109500	113645.5	111764	1071.862339	280728.99
51.9287825	109682.8	113625.5	111762	1006.810684	280728.99
54.8961415	109926.5	113559.8	111758.9	928.3963896	280728.99
57.8635005	110107.3	113445.9	111754.8	846.3886122	280728.99
60.8308595	110220.7	113304.8	111749.4	773.2226223	280728.99
63.7982185	110266.1	113192	111742.5	714.4304357	280728.99
66.7655775	110328.5	113192.7	111734.8	665.3512709	280728.99
69.7329365	110494.7	113094.7	111727.3	618.5157711	280728.99
72.7002955	110637.1	112894.7	111720.4	573.2037517	280728.99
75.6676545	110815.2	112807.6	111713.6	536.3201138	280728.99
78.6350135	110693.3	112818.4	111706.4	514.8129754	280728.99
81.6023725	110535.9	112823.5	111699.2	509.084486	280728.99
84.5697315	110384.4	112860.7	111693.2	515.031148	280728.99
87.5370905	110272.3	112850.4	111690.1	529.8845731	280728.99
90.5044495	110209.3	112890.7	111690.2	551.9994068	280728.99
93.4718085	110194	112899.7	111693.1	576.6304235	280728.99
96.4391675	110238	112933	111697.9	596.3847856	280728.99
99.4065265	110364.8	112901.7	111704.1	605.8032833	280728.99
102.3738855	110504.1	112804.8	111711.2	603.9421515	280728.99

105.3412445	110579.3	112770.2	111718.7	592.9512283	280728.99
108.3086035	110605.4	112795.4	111726.1	575.2539826	280728.99
111.2759625	110691.6	112816.2	111732.9	552.4432243	280728.99
114.2433215	110782.1	112838.4	111738.9	526.1900507	280728.99
117.2106805	110832.5	112820.7	111744.5	498.8857794	280728.99
120.1780395	110873.3	112927.2	111750.1	472.5693899	280728.99
123.1453985	110985.6	113051.2	111756	447.2369087	280728.99
126.1127575	111101	113138.7	111762.4	420.8811925	280728.99
129.0801165	111214.9	113168.4	111769.3	391.7643021	280728.99
132.0474755	111047.9	113150.2	111776.7	360.8729083	280728.99
135.0148345	110954.9	113097.4	111784.8	332.5919832	280728.99
137.9821935	110966.6	113032.8	111793.5	313.1648681	280728.99
140.9495525	111081.4	112971.6	111802.1	307.8713731	280728.99
143.9169115	111104.1	112937	111810	318.3880416	280728.99
146.8842705	110986.1	112916.4	111816.6	342.0644592	280728.99
149.8516295	110866.2	112890.2	111821.5	373.3947035	280728.99
152.8189885	110744.5	112860.9	111824.7	406.1784072	280728.99
155.7863475	110642	112810.8	111826.3	435.2380881	280728.99
158.7537065	110562.9	112788.3	111826.8	457.5555559	280728.99
161.7210655	110504.8	112883.6	111827.1	472.6389679	280728.99
164.6884245	110482.5	112909.4	111828.2	482.0909005	280728.99
167.6557835	110521.8	112865.2	111831.6	488.7345748	280728.99
170.6231425	110604.8	112783.4	111838.1	495.3104952	280728.99
173.5905015	110706.9	112782.6	111847.7	502.777545	280728.99
176.5578605	110628.7	112837.3	111859.4	509.0858275	280728.99
179.5252195	110610.4	112949.8	111871.3	509.780702	280728.99
182.4925785	110677.5	112962.3	111881.5	500.8893993	280728.99
185.4599375	110787	112859.8	111887.7	482.5683671	280728.99
188.4272965	110806.1	112655.8	111888.8	461.0435262	280728.99
191.3946555	110803.4	112614.9	111885	446.5125869	280728.99
194.3620145	110814.7	112588.4	111877.4	447.1936944	280728.99
197.3293735	110728.4	112579.1	111868.2	464.7199853	280728.99
200.2967325	110537.1	112672.7	111859.1	495.6863636	280728.99
203.2640915	110404.1	112788.2	111851.5	535.4509655	280728.99
206.2314505	110251.7	112902.2	111846.1	579.7092696	280728.99
209.1988095	110122.1	112982.3	111842.9	624.8379295	280728.99
212.1661685	110131.8	113060	111841.6	668.2717174	280728.99
215.1335275	110024.8	113122	111841.6	708.6775566	280728.99
218.1008865	110031	113224.7	111842.5	745.7046075	280728.99
221.0682455	110029.7	113328.3	111843.7	779.4874513	280728.99
224.0356045	109873.7	113482.2	111844.7	810.2610975	280728.99
227.0029635	109739.5	113600.5	111845.5	837.9227669	280728.99
229.9703225	109641.6	113687.5	111846.3	861.9204175	280728.99
232.9376815	109591.7	113748.3	111847.2	881.5453145	280728.99
235.9050405	109577.2	113787.9	111848.6	896.2518914	280728.99

238.8723995	109618.9	113819.1	111850.7	905.7501039	280728.99
241.8397585	109704.8	113829.9	111853.9	910.0820837	280728.99
244.8071175	109792.7	113811.9	111858.2	909.6686617	280728.99
247.7744765	109903.4	113761	111863.8	905.3819336	280728.99
250.7418355	110015.2	113680.5	111870.8	898.5590359	280728.99
253.7091945	110134.8	113582.8	111879.3	890.7177639	280728.99
256.6765535	110250.7	113486.9	111889.2	883.0748274	280728.99
259.6439125	110138.7	113426	111900.5	876.1341452	280728.99
262.6112715	110057.5	113496.3	111913.1	869.5939935	280728.99
265.5786305	110012.3	113613	111926.8	862.5870633	280728.99
268.5459895	110017.1	113735.5	111941.3	854.0639097	280728.99
271.5133485	110064.2	113833.5	111956	843.2114305	280728.99
274.4807075	110095.7	113894.5	111969.9	829.6550534	280728.99
277.4480665	110141.8	113920.1	111981.6	813.3232332	280728.99
280.4154255	110236.7	113899	111989	794.2270961	280728.99
283.3827845	110364.3	113825.7	111989.2	772.017604	280728.99
286.3501435	110508.6	113690.7	111977.8	745.7192965	280728.99
289.3175025	110537.6	113475.4	111948.5	713.6116996	280728.99
292.2848615	110520.2	113146.9	111892	673.5943559	280728.99
295.2522205	110472.9	113020.9	111794.6	625.1721936	280728.99
298.2195795	110414.5	112865.8	111634.6	576.3749506	280728.99
301.1869385	110353.5	112620.8	111379.3	564.6562	280728.99
304.1542975	109428.2	112253.2	110985.3	667.0244431	280728.99
307.1216565	108035.2	111766.9	110409.9	905.365612	280728.99
310.0890155	106813.3	111497.4	109639.7	1202.213457	280728.99
313.0563745	105851.1	111052.7	108735.6	1442.082677	280728.99
316.0237335	105111.2	110571.9	107808	1547.542961	280728.99
318.9910925	104405.2	109828.1	106944.1	1499.467844	280728.99
321.9584515	103814.5	108937.2	106197.2	1332.262138	280728.99
324.9258105	103350.4	108226.6	105603.4	1164.603547	280728.99
327.8931695	102898	107788.3	105167.6	1115.710556	280728.99
330.8605285	102520.4	107596.9	104864.2	1193.593601	280728.99
333.8278875	102231.8	107608.9	104661	1324.988107	280728.99
336.7952465	102023.5	107728.2	104528.5	1449.222426	280728.99
339.7626055	101771.1	107886.8	104441.2	1543.465581	280728.99
342.7299645	101560.3	108042.7	104378.6	1607.375787	280728.99
345.6973235	101426.5	108170.3	104326.4	1648.964776	280728.99
348.6646825	101432.2	108259.3	104277.1	1676.382438	280728.99
351.6320415	101407.1	108320.6	104226.9	1697.304985	280728.99
354.5994005	101431.9	108361.7	104178.6	1711.170516	280728.99
357.5667595	101511.2	108390.5	104133.5	1718.364523	280728.99
360.5341185	101471.5	108420.1	104090	1720.59861	280728.99
363.5014775	101461.7	108463	104043.7	1718.892818	280728.99
366.4688365	101481.8	108520.6	103992.2	1713.612917	280728.99
369.4361955	101498.4	108578.8	103939.3	1706.36094	280728.99

372.4035545	101556.7	108601.5	103891.3	1697.555898	280728.99
375.3709135	101637.1	108591.2	103851.7	1687.25239	280728.99
378.3382725	101665.1	108576.8	103821.4	1677.576892	280728.99
381.3056315	101650.7	108580.6	103802.2	1669.737688	280728.99
384.2729905	101630.5	108566.9	103796.3	1661.720959	280728.99
387.2403495	101646.9	108580	103801.6	1653.137833	280728.99
390.2077085	101704.6	108599.6	103814.4	1643.928727	280728.99
393.1750675	101731.7	108603.1	103832.1	1634.125225	280728.99
396.1424265	101731	108639.3	103853.5	1623.680119	280728.99
399.1097855	101733.2	108642.1	103877.5	1612.421999	280728.99
402.0771445	101733.7	108647.2	103902.1	1601.084117	280728.99
405.0445035	101730.4	108643.9	103925.5	1589.220776	280728.99
408.0118625	101730	108593.9	103945.8	1575.341757	280728.99
410.9792215	101749.4	108517.9	103960.6	1558.562883	280728.99
413.9465805	101784.4	108421.8	103969.2	1538.778421	280728.99
416.9139395	101822.2	108298.2	103973.3	1516.687378	280728.99
419.8812985	101861.5	108155.6	103974.7	1493.529093	280728.99
422.8486575	101878.1	108001.1	103975.7	1471.043863	280728.99
425.8160165	101856.5	107840.4	103979.7	1451.793189	280728.99
428.7833755	101859.6	107669.1	103990	1438.127533	280728.99
431.7507345	101856	107491.2	104006.8	1432.160191	280728.99
434.7180935	101802.7	107303.4	104028.8	1436.85491	280728.99
437.6854525	101819.3	107424.8	104056	1454.333346	280728.99
440.6528115	101725.6	107594.6	104089	1484.573527	280728.99
443.6201705	101759.1	107645.7	104128.6	1523.288548	280728.99
446.5875295	101717.5	107681.6	104173	1566.675095	280728.99
449.5548885	101710.8	107698	104220.1	1609.827116	280728.99
452.5222475	101709	107703.2	104267.8	1648.982482	280728.99
455.4896065	101673.6	107691	104313.9	1680.22831	280728.99
458.4569655	101650.1	107663.7	104356.3	1700.160183	280728.99
461.4243245	101623.2	107619.2	104391.6	1706.66966	280728.99
464.3916835	101590.7	107555.2	104416.1	1697.262662	280728.99
467.3590425	101564.8	107470.6	104425.2	1671.202796	280728.99
470.3264015	101541.9	107372.1	104415.6	1629.631382	280728.99
473.2937605	101526	107269.3	104386.2	1578.934836	280728.99
476.2611195	101521.7	107173.4	104340.7	1528.635896	280728.99
479.2284785	101531.7	107098.5	104287.7	1486.210502	280728.99
482.1958375	101557.1	107053.8	104235	1455.636888	280728.99
485.1631965	101594.9	107036.6	104187.3	1436.531316	280728.99
488.1305555	101633.4	107035.7	104145.4	1427.840348	280728.99
491.0979145	101648.6	107046.4	104104.6	1431.889393	280728.99
494.0652735	101621.9	107061.6	104058.9	1451.729274	280728.99
497.0326325	101578.3	107075.4	104011	1480.515014	280728.99
499.9999915	101544.5	107089.9	103967.5	1507.465411	280728.99
502.9673505	101533.4	107100.8	103931.7	1526.094095	280728.99

505.9347095	101550.4	107109.3	103907.6	1531.024141	280728.99
508.9020685	101595.6	107118.7	103894.7	1522.896218	280728.99
511.8694275	101664.6	107128.7	103890.8	1504.9699	280728.99
514.8367865	101746.4	107136.2	103892.3	1482.889801	280728.99
517.8041455	101821	107138.6	103892.2	1465.042779	280728.99
520.7715045	101864.9	107136.3	103884.4	1458.618032	280728.99
523.7388635	101781.1	107133.3	103869.5	1461.227381	280728.99
526.7062225	101762.2	107130.7	103853.6	1465.046847	280728.99
529.6735815	101684.8	107127.8	103839.3	1467.034874	280728.99
532.6409405	101740	107114.5	103827.5	1467.348453	280728.99
535.6082995	101773.3	107099.4	103819.8	1465.415848	280728.99
538.5756585	101747.8	107085.4	103815.5	1463.175378	280728.99
541.5430175	101798.4	107074.5	103813.9	1461.96138	280728.99
544.5103765	101895.8	107068.4	103814.1	1463.361007	280728.99
547.4777355	101984.2	107064	103815.2	1468.187444	280728.99
550.4450945	101988.1	107069.6	103816.6	1476.157572	280728.99
553.4124535	101992.4	107085.3	103817.2	1487.504167	280728.99
556.3798125	101994	107096.7	103816.3	1502.548977	280728.99
559.3471715	101958.1	107120.6	103813.6	1521.397295	280728.99
562.3145305	101922.5	107172.1	103808.8	1542.957899	280728.99
565.2818895	101905.9	107224.7	103802.7	1565.528917	280728.99
568.2492485	101914.6	107292.1	103797.9	1588.921075	280728.99
571.2166075	101936.4	107354.4	103798	1613.684735	280728.99
574.1839665	101913.3	107409.2	103806.4	1638.286735	280728.99
577.1513255	101855	107460.8	103831.3	1656.137156	280728.99
580.1186845	101819.4	107515.9	103873.2	1670.524019	280728.99
583.0860435	101873.9	107564.9	103927.5	1687.701552	280728.99
586.0534025	101927.5	107611.8	103992.3	1708.412947	280728.99
589.0207615	101981.9	107665.3	104066.3	1730.942244	280728.99
591.9881205	102047.9	107725.2	104148.3	1752.224457	280728.99
594.9554795	102125.8	107784	104235.7	1769.17521	280728.99
597.9228385	102220.9	107836.9	104325.3	1779.892087	280728.99
600.8901975	102309.6	107891	104414.4	1783.384838	280728.99
603.8575565	102360.4	107920.2	104500.9	1779.001268	280728.99
606.8249155	102406.4	107942.4	104583.1	1766.608235	280728.99
609.7922745	102443.6	107943.6	104660	1746.266107	280728.99
612.7596335	102470.7	107932.2	104730.6	1718.565721	280728.99
615.7269925	102481.2	107915.8	104794	1684.538113	280728.99
618.6943515	102486.5	107887	104849.8	1645.328868	280728.99
621.6617105	102475	107843.4	104897.6	1602.53262	280728.99
624.6290695	102464.4	107795.3	104937.1	1558.327508	280728.99
627.5964285	102448.2	107732.1	104968.2	1515.362616	280728.99
630.5637875	102444.4	107661.5	104991	1476.2776	280728.99
633.5311465	102456.5	107614.4	105005.7	1443.765627	280728.99
636.4985055	102490.1	107579.8	105013.4	1417.952414	280728.99

639.4658645	102525.4	107532.5	105019.4	1391.585943	280728.99
642.4332235	102581.1	107479.1	105023.6	1364.251035	280728.99
645.4005825	102640.6	107426.1	105024.4	1336.930952	280728.99
648.3679415	102723	107380.3	105019.5	1310.221574	280728.99
651.3353005	102760.9	107336.4	105007.7	1284.122376	280728.99
654.3026595	102694.9	107342.3	104990	1256.153139	280728.99
657.2700185	102588.1	107337.9	104972.4	1220.917865	280728.99
660.2373775	102652	107324.1	104970.9	1166.872854	280728.99
663.2047365	102895.7	107305.6	105012	1084.270131	280728.99
666.1720955	103178.9	107294.6	105129.8	978.692183	280728.99
669.1394545	103515.3	107323.9	105363.1	887.5337617	280728.99
672.1068135	103973.6	107440.3	105753.4	883.2706735	280728.99
675.0741725	104590.5	108077.2	106338.7	1006.997016	280728.99
678.0415315	105262.1	109319.1	107137.4	1193.284696	280728.99
681.0088905	106062.3	110397.9	108115.6	1313.862737	280728.99
683.9762495	107153.9	111149.8	109162.4	1257.971084	280728.99
686.9436085	108448.5	111619.2	110143	1024.24895	280728.99
689.9109675	109783	112037.1	110950.8	726.8524638	280728.99
692.8783265	110811.9	112646.5	111531.1	512.7239484	280728.99
695.8456855	111280.2	113088.2	111912.5	443.4914819	280728.99
698.8130445	111383.9	113389.3	112159.6	460.6974256	280728.99
701.7804035	111384.5	113566.5	112320.3	504.5995839	280728.99
704.7477625	111354.3	113657.1	112426	550.578696	280728.99
707.7151215	111301.3	113740.4	112496.7	592.2490617	280728.99
710.6824805	111248.4	113862.1	112545.1	628.951022	280728.99
713.6498395	111207.3	113951	112579.5	661.338247	280728.99
716.6171985	111193.7	114005.7	112605.1	690.1428359	280728.99
719.5845575	111196.3	114047.4	112625.2	715.8486039	280728.99
722.5519165	111203	114072	112641.7	738.6877232	280728.99
725.5192755	111223.3	114083.9	112656	758.7049896	280728.99
728.4866345	111254.3	114086.9	112668.6	775.8225881	280728.99
731.4539935	111305.5	114079.7	112680.1	789.9357478	280728.99
734.4213525	111388.6	114078.2	112690.7	800.987539	280728.99
737.3887115	111491.1	114058.7	112700.4	808.998566	280728.99
740.3560705	111399.3	114045	112709.2	814.0604631	280728.99
743.3234295	111320.1	114034	112717	816.3020167	280728.99
746.2907885	111247.8	114046.6	112723.7	815.844102	280728.99
749.2581475	111124.3	114059.2	112729.2	812.77829	280728.99
752.2255065	111032.2	114100.4	112733.4	807.1458545	280728.99
755.1928655	110984.3	114128	112736.3	798.9084252	280728.99
758.1602245	110966.1	114141.8	112738.1	787.9786035	280728.99
761.1275835	110949	114143.7	112738.9	774.2672076	280728.99
764.0949425	110968.7	114141.9	112738.9	757.7623396	280728.99
767.0623015	111033.2	114135	112738.3	738.6126084	280728.99
770.0296605	111126.7	114120.2	112737.3	717.1541827	280728.99

772.9970195	111232.1	114096.7	112736.2	693.8752265	280728.99
775.9643785	111352.6	114066.1	112735.3	669.3029353	280728.99
778.9317375	111477.2	114030.5	112734.6	643.9410256	280728.99
781.8990965	111610.9	113986.7	112734.4	618.2820669	280728.99
784.8664555	111723	113953.6	112734.8	592.8263049	280728.99
787.8338145	111779.1	113914.9	112736.1	568.0661275	280728.99
790.8011735	111830.6	113859.9	112738.6	544.3741536	280728.99
793.7685325	111892.4	113790	112742.6	521.9932653	280728.99
796.7358915	111960.1	113705.7	112748.7	501.2652772	280728.99
799.7032505	112017.9	113655.7	112757.2	482.9968784	280728.99
802.6706095	112075.3	113695.6	112768.3	468.5216318	280728.99
805.6379685	112127.9	113719.3	112781.7	459.2154319	280728.99
808.6053275	112090	113725.6	112797.1	455.8126081	280728.99
811.5726865	112060.7	113882.7	112814	458.0908071	280728.99
814.5400455	112029.5	114020.7	112831.7	465.0491753	280728.99
817.5074045	111977.8	114107.8	112849.7	475.2145424	280728.99
820.4747635	111910.5	114141.2	112867.6	486.8472879	280728.99
823.4421225	111842	114139.1	112884.6	498.1749535	280728.99
826.4094815	111798.4	114117.1	112900.2	507.767568	280728.99
829.3768405	111784.5	114078.1	112914.2	514.8497809	280728.99
832.3441995	111813.8	114042.5	112926.3	519.3121293	280728.99
835.3115585	111842.4	114002.1	112936.8	521.5139571	280728.99
838.2789175	111871	113981.2	112945.6	522.0699467	280728.99
841.2462765	111920.7	113966.7	112952.9	521.6721474	280728.99
844.2136355	111951.3	114037.2	112959.1	520.9327762	280728.99
847.1809945	112008.5	114139.6	112964.4	520.1702735	280728.99
850.1483535	112104.8	114209.6	112968.9	519.2626609	280728.99
853.1157125	112115.3	114246.9	112972.4	517.6617565	280728.99
856.0830715	112141.6	114250.3	112974.8	514.6570418	280728.99
859.0504305	112198.8	114219.1	112975.9	509.7258436	280728.99
862.0177895	112170.4	114164.9	112975.9	502.6813705	280728.99
864.9851485	112130.6	114110.9	112975	493.6263784	280728.99
867.9525075	112087.2	114097.7	112973.6	482.8512536	280728.99
870.9198665	112055.7	114094.8	112972	470.6778967	280728.99
873.8872255	112043.7	114075.5	112970.6	457.2919931	280728.99
876.8545845	112058.6	114037.6	112969.9	442.6352364	280728.99
879.8219435	112080.3	113995.6	112970.3	426.4859002	280728.99
882.7893025	112099.9	113949.1	112972.1	408.6792527	280728.99
885.7566615	112144.8	113902.5	112975.3	389.2734418	280728.99
888.7240205	112178.8	113843.5	112979.8	368.6665883	280728.99
891.6913795	112214.6	113763	112985.5	347.9724857	280728.99
894.6587385	112268.6	113681.7	112992.6	329.7167051	280728.99
897.6260975	112342.8	113720	113001.2	318.0369238	280728.99
900.5934565	112333.6	113821.3	113010.9	317.0273435	280728.99
903.5608155	112291.2	113910.4	113020.9	327.8513165	280728.99

906.5281745	112260.4	113999.2	113030.2	347.9651496	280728.99
909.4955335	112233.9	114024.4	113038.2	373.2525233	280728.99
912.4628925	112221.2	114032.8	113045	400.0978085	280728.99
915.4302515	112258.4	114186.3	113051.2	426.2014583	280728.99
918.3976105	112261.3	114291.9	113057.5	450.7781452	280728.99
921.3649695	112159.8	114338.7	113064.7	474.5512618	280728.99
924.3323285	112042.9	114323.4	113073.9	500.087198	280728.99
927.2996875	111911.8	114260.5	113086.5	532.0996964	280728.99
930.2670465	111770.8	114579.5	113103.4	575.4657515	280728.99
933.2344055	111681	114893.7	113123.9	630.5106179	280728.99
936.2017645	111586.3	115142.1	113146.3	690.5198093	280728.99
939.1691235	111476.4	115250	113167.8	745.4643194	280728.99
942.1364825	111441.9	115228.6	113186.4	788.2525984	280728.99
945.1038415	111448.4	115495.4	113201.1	817.6470016	280728.99
948.0712005	111493.4	115672.6	113211.4	837.1748718	280728.99
951.0385595	111572.9	115811.5	113216.8	852.7338183	280728.99
954.0059185	111637.3	115874.1	113217.4	869.8232992	280728.99
956.9732775	111669.3	115860.4	113215.9	890.6631628	280728.99
959.9406365	111663	115765.4	113217.3	915.5089131	280728.99
962.9079955	111645.9	115609.1	113226.4	948.7434022	280728.99
965.8753545	111608.1	115484.7	113247.3	1001.602454	280728.99
968.8427135	111460.3	115819.5	113284.6	1088.410545	280728.99
971.8100725	111103.9	116335.1	113349.4	1219.372084	280728.99
974.7774315	110892.7	116902.5	113462.4	1400.193663	280728.99
977.7447905	110911.8	117772.4	113646.7	1657.07535	280728.99
980.7121495	111089.5	119461.7	113904.2	2044.490299	280728.99
983.6795085	111218.4	121646.3	114205.4	2594.645346	280728.99
986.6468675	110730.7	124017.5	114467.7	3263.588606	280728.99
989.6142265	110135.9	125511.5	114464.2	3845.968719	280728.99
992.5815855	109339.5	124430.4	113746.5	3979.92589	280728.99
995.5489445	107837	119602.4	111574.9	3271.851376	280728.99
998.5163035	104973.1	109831.5	106766.4	1357.451278	280728.99
999.999983	103074.8	104038.4	103523.2	256.1952828	280728.99

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 90.dat (modified 11:23 PM on 7/12/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	3749.317	4637.5625	4032.955	253.9151	-175722.722
1.4836795	3749.105	4637.42383	4032.781	253.9148	-175722.722
4.4510385	3748.661	4637.17432	4032.399	253.908	-175722.722
7.4183975	3748.327	4636.97266	4032.075	253.8989	-175722.722
10.3857565	3748.078	4636.79883	4031.802	253.892	-175722.722
13.3531155	3747.855	4636.65088	4031.574	253.8865	-175722.722
16.3204745	3747.659	4636.51074	4031.375	253.8802	-175722.722
19.2878335	3747.49	4636.36719	4031.196	253.8753	-175722.722
22.2551925	3747.332	4636.2207	4031.029	253.8715	-175722.722
25.2225515	3747.177	4636.07129	4030.87	253.8682	-175722.722
28.1899105	3747.023	4635.91943	4030.714	253.8648	-175722.722
31.1572695	3746.872	4635.76611	4030.561	253.8615	-175722.722
34.1246285	3746.723	4635.61035	4030.409	253.8578	-175722.722
37.0919875	3746.577	4635.45361	4030.259	253.854	-175722.722
40.0593465	3746.432	4635.2959	4030.11	253.85	-175722.722
43.0267055	3746.29	4635.13721	4029.963	253.8458	-175722.722
45.9940645	3746.149	4634.97803	4029.817	253.8415	-175722.722
48.9614235	3746.011	4634.81836	4029.673	253.837	-175722.722
51.9287825	3745.875	4634.65869	4029.529	253.8324	-175722.722
54.8961415	3745.74	4634.49902	4029.388	253.8276	-175722.722
57.8635005	3745.608	4634.34033	4029.247	253.8228	-175722.722
60.8308595	3745.478	4634.18164	4029.108	253.8179	-175722.722
63.7982185	3745.349	4634.02393	4028.97	253.813	-175722.722
66.7655775	3745.223	4633.86768	4028.834	253.808	-175722.722
69.7329365	3745.098	4633.71191	4028.699	253.803	-175722.722
72.7002955	3744.975	4633.55811	4028.566	253.798	-175722.722
75.6676545	3744.854	4633.40527	4028.434	253.793	-175722.722
78.6350135	3744.735	4633.25391	4028.303	253.788	-175722.722
81.6023725	3744.617	4633.10449	4028.174	253.783	-175722.722
84.5697315	3744.502	4632.95654	4028.046	253.7782	-175722.722
87.5370905	3744.387	4632.81055	4027.919	253.7734	-175722.722
90.5044495	3744.275	4632.66602	4027.794	253.7686	-175722.722
93.4718085	3744.164	4632.52393	4027.671	253.7639	-175722.722
96.4391675	3744.055	4632.38379	4027.548	253.7593	-175722.722
99.4065265	3743.947	4632.24561	4027.427	253.7549	-175722.722
102.3738855	3743.841	4632.10986	4027.308	253.7506	-175722.722
105.3412445	3743.736	4631.97607	4027.189	253.7464	-175722.722
108.3086035	3743.633	4631.84424	4027.073	253.7423	-175722.722

111.2759625	3743.531	4631.71484	4026.957	253.7385	-175722.722
114.2433215	3743.431	4631.5874	4026.843	253.7348	-175722.722
117.2106805	3743.332	4631.4624	4026.731	253.7313	-175722.722
120.1780395	3743.234	4631.33984	4026.619	253.7279	-175722.722
123.1453985	3743.138	4631.21924	4026.509	253.7248	-175722.722
126.1127575	3743.043	4631.10107	4026.401	253.7219	-175722.722
129.0801165	3742.949	4630.98535	4026.294	253.7192	-175722.722
132.0474755	3742.856	4630.87158	4026.188	253.7168	-175722.722
135.0148345	3742.765	4630.75977	4026.084	253.7146	-175722.722
137.9821935	3742.674	4630.65088	4025.981	253.7126	-175722.722
140.9495525	3742.584	4630.54395	4025.879	253.7109	-175722.722
143.9169115	3742.496	4630.43896	4025.779	253.7094	-175722.722
146.8842705	3742.407	4630.33643	4025.68	253.7081	-175722.722
149.8516295	3742.321	4630.23682	4025.583	253.7072	-175722.722
152.8189885	3742.234	4630.13916	4025.486	253.7065	-175722.722
155.7863475	3742.148	4630.04443	4025.392	253.706	-175722.722
158.7537065	3742.063	4629.95264	4025.298	253.7058	-175722.722
161.7210655	3741.979	4629.86426	4025.206	253.7059	-175722.722
164.6884245	3741.896	4629.7793	4025.116	253.7062	-175722.722
167.6557835	3741.813	4629.69775	4025.027	253.7068	-175722.722
170.6231425	3741.73	4629.61914	4024.939	253.7077	-175722.722
173.5905015	3741.648	4629.54248	4024.852	253.7088	-175722.722
176.5578605	3741.567	4629.46826	4024.767	253.7102	-175722.722
179.5252195	3741.486	4629.39551	4024.683	253.7119	-175722.722
182.4925785	3741.406	4629.3252	4024.601	253.7138	-175722.722
185.4599375	3741.326	4629.25879	4024.52	253.716	-175722.722
188.4272965	3741.247	4629.19629	4024.44	253.7184	-175722.722
191.3946555	3741.168	4629.13916	4024.362	253.7211	-175722.722
194.3620145	3741.09	4629.08643	4024.285	253.7239	-175722.722
197.3293735	3741.013	4629.03662	4024.209	253.7271	-175722.722
200.2967325	3740.936	4628.98828	4024.135	253.7304	-175722.722
203.2640915	3740.86	4628.93896	4024.062	253.734	-175722.722
206.2314505	3740.784	4628.8877	4023.99	253.7377	-175722.722
209.1988095	3740.71	4628.83545	4023.92	253.7417	-175722.722
212.1661685	3740.635	4628.78418	4023.851	253.7459	-175722.722
215.1335275	3740.562	4628.73584	4023.783	253.7503	-175722.722
218.1008865	3740.49	4628.69092	4023.717	253.7548	-175722.722
221.0682455	3740.418	4628.6499	4023.652	253.7596	-175722.722
224.0356045	3740.347	4628.61133	4023.589	253.7646	-175722.722
227.0029635	3740.276	4628.57275	4023.527	253.7697	-175722.722
229.9703225	3740.207	4628.53418	4023.466	253.775	-175722.722
232.9376815	3740.138	4628.49561	4023.406	253.7805	-175722.722
235.9050405	3740.07	4628.45752	4023.348	253.7862	-175722.722
238.8723995	3740.003	4628.4209	4023.291	253.792	-175722.722
241.8397585	3739.937	4628.38574	4023.236	253.7979	-175722.722

244.8071175	3739.872	4628.35303	4023.182	253.804	-175722.722
247.7744765	3739.808	4628.32129	4023.129	253.8102	-175722.722
250.7418355	3739.744	4628.29053	4023.078	253.8166	-175722.722
253.7091945	3739.682	4628.26123	4023.027	253.8231	-175722.722
256.6765535	3739.621	4628.2334	4022.979	253.8297	-175722.722
259.6439125	3739.56	4628.20605	4022.931	253.8365	-175722.722
262.6112715	3739.501	4628.18018	4022.885	253.8433	-175722.722
265.5786305	3739.442	4628.15527	4022.84	253.8503	-175722.722
268.5459895	3739.385	4628.13184	4022.797	253.8573	-175722.722
271.5133485	3739.329	4628.10889	4022.755	253.8644	-175722.722
274.4807075	3739.273	4628.0874	4022.714	253.8716	-175722.722
277.4480665	3739.219	4628.06641	4022.675	253.8788	-175722.722
280.4154255	3739.166	4628.04688	4022.637	253.886	-175722.722
283.3827845	3739.114	4628.02832	4022.6	253.8933	-175722.722
286.3501435	3739.063	4628.01074	4022.565	253.9006	-175722.722
289.3175025	3739.014	4627.99414	4022.531	253.9079	-175722.722
292.2848615	3738.966	4627.97852	4022.498	253.9152	-175722.722
295.2522205	3738.919	4627.96387	4022.467	253.9225	-175722.722
298.2195795	3738.873	4627.9502	4022.437	253.9299	-175722.722
301.1869385	3738.829	4627.93799	4022.408	253.9372	-175722.722
304.1542975	3738.786	4627.92627	4022.38	253.9443	-175722.722
307.1216565	3738.745	4627.91553	4022.354	253.9512	-175722.722
310.0890155	3738.705	4627.90625	4022.329	253.9581	-175722.722
313.0563745	3738.666	4627.89795	4022.306	253.965	-175722.722
316.0237335	3738.629	4627.89063	4022.283	253.972	-175722.722
318.9910925	3738.594	4627.88428	4022.263	253.9791	-175722.722
321.9584515	3738.56	4627.87939	4022.243	253.9855	-175722.722
324.9258105	3738.527	4627.875	4022.225	253.9921	-175722.722
327.8931695	3738.497	4627.87207	4022.208	253.9984	-175722.722
330.8605285	3738.467	4627.87061	4022.192	254.0041	-175722.722
333.8278875	3738.44	4627.86963	4022.177	254.0098	-175722.722
336.7952465	3738.414	4627.87012	4022.164	254.0151	-175722.722
339.7626055	3738.39	4627.87207	4022.152	254.0202	-175722.722
342.7299645	3738.368	4627.875	4022.142	254.024	-175722.722
345.6973235	3738.347	4627.87891	4022.137	254.0276	-175722.722
348.6646825	3738.328	4627.88477	4022.134	254.0298	-175722.722
351.6320415	3738.31	4627.8916	4022.134	254.031	-175722.722
354.5994005	3738.295	4627.89893	4022.137	254.0316	-175722.722
357.5667595	3738.281	4627.90674	4022.142	254.0315	-175722.722
360.5341185	3738.268	4627.91406	4022.149	254.0312	-175722.722
363.5014775	3738.258	4627.92188	4022.159	254.031	-175722.722
366.4688365	3738.249	4627.9292	4022.171	254.0319	-175722.722
369.4361955	3738.242	4627.93701	4022.188	254.0355	-175722.722
372.4035545	3738.236	4627.94482	4022.208	254.0404	-175722.722
375.3709135	3738.23	4627.95215	4022.233	254.0461	-175722.722

378.3382725	3738.225	4627.95947	4022.262	254.0511	-175722.722
381.3056315	3738.222	4627.96631	4022.295	254.0555	-175722.722
384.2729905	3738.219	4627.97314	4022.331	254.0589	-175722.722
387.2403495	3738.219	4627.97998	4022.368	254.0649	-175722.722
390.2077085	3738.219	4627.98633	4022.407	254.073	-175722.722
393.1750675	3738.222	4627.99268	4022.447	254.0823	-175722.722
396.1424265	3738.226	4627.99902	4022.49	254.0919	-175722.722
399.1097855	3738.233	4628.00488	4022.535	254.1011	-175722.722
402.0771445	3738.244	4628.01074	4022.584	254.1093	-175722.722
405.0445035	3738.26	4628.0166	4022.639	254.1153	-175722.722
408.0118625	3738.282	4628.02246	4022.702	254.118	-175722.722
410.9792215	3738.311	4628.02783	4022.772	254.1167	-175722.722
413.9465805	3738.361	4628.03271	4022.85	254.1103	-175722.722
416.9139395	3738.449	4628.03809	4022.939	254.0968	-175722.722
419.8812985	3738.605	4628.04248	4023.044	254.0725	-175722.722
422.8486575	3738.866	4628.04736	4023.173	254.0338	-175722.722
425.8160165	3739.28	4628.05176	4023.33	253.9769	-175722.722
428.7833755	3739.88	4628.05615	4023.513	253.9034	-175722.722
431.7507345	3740.657	4628.06055	4023.705	253.8211	-175722.722
434.7180935	3741.402	4628.06445	4023.886	253.7434	-175722.722
437.6854525	3742.114	4628.06787	4024.058	253.6702	-175722.722
440.6528115	3742.792	4628.07178	4024.219	253.6019	-175722.722
443.6201705	3743.438	4628.0752	4024.372	253.5381	-175722.722
446.5875295	3744.051	4628.07861	4024.516	253.4787	-175722.722
449.5548885	3744.631	4628.08154	4024.651	253.4233	-175722.722
452.5222475	3745.177	4628.08447	4024.778	253.3714	-175722.722
455.4896065	3745.691	4628.0874	4024.897	253.3231	-175722.722
458.4569655	3746.171	4628.08984	4025.009	253.2781	-175722.722
461.4243245	3746.619	4628.09229	4025.113	253.2363	-175722.722
464.3916835	3747.034	4628.09424	4025.21	253.1977	-175722.722
467.3590425	3747.417	4628.09668	4025.298	253.1623	-175722.722
470.3264015	3747.765	4628.09814	4025.38	253.13	-175722.722
473.2937605	3748.08	4628.1001	4025.453	253.1007	-175722.722
476.2611195	3748.362	4628.10156	4025.52	253.0746	-175722.722
479.2284785	3748.61	4628.10303	4025.578	253.0515	-175722.722
482.1958375	3748.826	4628.104	4025.629	253.0314	-175722.722
485.1631965	3749.009	4628.10498	4025.672	253.0145	-175722.722
488.1305555	3749.158	4628.10596	4025.707	253.0006	-175722.722
491.0979145	3749.275	4628.10645	4025.734	252.9899	-175722.722
494.0652735	3749.357	4628.10693	4025.754	252.9821	-175722.722
497.0326325	3749.407	4628.10742	4025.766	252.9775	-175722.722
499.9999915	3749.423	4628.10742	4025.769	252.976	-175722.722
502.9673505	3749.407	4628.10742	4025.766	252.9775	-175722.722
505.9347095	3749.357	4628.10693	4025.754	252.9821	-175722.722
508.9020685	3749.275	4628.10645	4025.734	252.9898	-175722.722

511.8694275	3749.158	4628.10596	4025.707	253.0006	-175722.722
514.8367865	3749.009	4628.10498	4025.672	253.0144	-175722.722
517.8041455	3748.826	4628.104	4025.629	253.0313	-175722.722
520.7715045	3748.61	4628.10303	4025.578	253.0514	-175722.722
523.7388635	3748.362	4628.10156	4025.52	253.0744	-175722.722
526.7062225	3748.08	4628.1001	4025.454	253.1006	-175722.722
529.6735815	3747.765	4628.09814	4025.38	253.1298	-175722.722
532.6409405	3747.417	4628.09668	4025.299	253.1621	-175722.722
535.6082995	3747.034	4628.09424	4025.21	253.1976	-175722.722
538.5756585	3746.619	4628.09229	4025.113	253.2361	-175722.722
541.5430175	3746.171	4628.08984	4025.009	253.2779	-175722.722
544.5103765	3745.691	4628.0874	4024.898	253.3229	-175722.722
547.4777355	3745.177	4628.08447	4024.778	253.3712	-175722.722
550.4450945	3744.631	4628.08154	4024.651	253.423	-175722.722
553.4124535	3744.051	4628.07861	4024.516	253.4784	-175722.722
556.3798125	3743.438	4628.0752	4024.372	253.5378	-175722.722
559.3471715	3742.792	4628.07178	4024.22	253.6016	-175722.722
562.3145305	3742.114	4628.06787	4024.058	253.6699	-175722.722
565.2818895	3741.402	4628.06445	4023.887	253.743	-175722.722
568.2492485	3740.658	4628.06055	4023.705	253.8207	-175722.722
571.2166075	3739.88	4628.05615	4023.514	253.903	-175722.722
574.1839665	3739.281	4628.05176	4023.331	253.9765	-175722.722
577.1513255	3738.866	4628.04736	4023.174	254.0334	-175722.722
580.1186845	3738.605	4628.04248	4023.045	254.0721	-175722.722
583.0860435	3738.449	4628.03809	4022.939	254.0963	-175722.722
586.0534025	3738.361	4628.03271	4022.85	254.1099	-175722.722
589.0207615	3738.311	4628.02783	4022.772	254.1162	-175722.722
591.9881205	3738.282	4628.02246	4022.702	254.1175	-175722.722
594.9554795	3738.26	4628.0166	4022.64	254.1148	-175722.722
597.9228385	3738.244	4628.01074	4022.585	254.1088	-175722.722
600.8901975	3738.233	4628.00488	4022.536	254.1006	-175722.722
603.8575565	3738.226	4627.99902	4022.49	254.0913	-175722.722
606.8249155	3738.222	4627.99268	4022.448	254.0817	-175722.722
609.7922745	3738.219	4627.98633	4022.408	254.0724	-175722.722
612.7596335	3738.219	4627.97998	4022.369	254.0643	-175722.722
615.7269925	3738.219	4627.97314	4022.332	254.0582	-175722.722
618.6943515	3738.222	4627.96631	4022.296	254.0548	-175722.722
621.6617105	3738.225	4627.95947	4022.263	254.0504	-175722.722
624.6290695	3738.23	4627.95215	4022.234	254.0454	-175722.722
627.5964285	3738.236	4627.94482	4022.209	254.0397	-175722.722
630.5637875	3738.242	4627.93701	4022.189	254.0348	-175722.722
633.5311465	3738.249	4627.9292	4022.172	254.0312	-175722.722
636.4985055	3738.258	4627.92188	4022.16	254.0303	-175722.722
639.4658645	3738.268	4627.91406	4022.15	254.0304	-175722.722
642.4332235	3738.281	4627.90674	4022.143	254.0308	-175722.722

645.4005825	3738.295	4627.89893	4022.138	254.0308	-175722.722
648.3679415	3738.31	4627.8916	4022.135	254.0302	-175722.722
651.3353005	3738.328	4627.88477	4022.135	254.0291	-175722.722
654.3026595	3738.347	4627.87891	4022.138	254.0269	-175722.722
657.2700185	3738.368	4627.875	4022.143	254.0233	-175722.722
660.2373775	3738.39	4627.87207	4022.153	254.0195	-175722.722
663.2047365	3738.414	4627.87012	4022.165	254.0144	-175722.722
666.1720955	3738.44	4627.86963	4022.178	254.0091	-175722.722
669.1394545	3738.467	4627.87061	4022.193	254.0034	-175722.722
672.1068135	3738.497	4627.87207	4022.209	253.9976	-175722.722
675.0741725	3738.527	4627.875	4022.226	253.9914	-175722.722
678.0415315	3738.56	4627.87939	4022.244	253.9848	-175722.722
681.0088905	3738.594	4627.88428	4022.264	253.9783	-175722.722
683.9762495	3738.629	4627.89063	4022.285	253.9713	-175722.722
686.9436085	3738.666	4627.89795	4022.307	253.9643	-175722.722
689.9109675	3738.705	4627.90625	4022.33	253.9573	-175722.722
692.8783265	3738.745	4627.91553	4022.355	253.9505	-175722.722
695.8456855	3738.786	4627.92627	4022.381	253.9436	-175722.722
698.8130445	3738.829	4627.93799	4022.409	253.9365	-175722.722
701.7804035	3738.873	4627.9502	4022.438	253.9292	-175722.722
704.7477625	3738.919	4627.96387	4022.468	253.9218	-175722.722
707.7151215	3738.966	4627.97852	4022.499	253.9144	-175722.722
710.6824805	3739.014	4627.99414	4022.532	253.9071	-175722.722
713.6498395	3739.064	4628.01074	4022.566	253.8998	-175722.722
716.6171985	3739.114	4628.02832	4022.601	253.8925	-175722.722
719.5845575	3739.166	4628.04688	4022.638	253.8853	-175722.722
722.5519165	3739.219	4628.06641	4022.676	253.878	-175722.722
725.5192755	3739.273	4628.0874	4022.715	253.8708	-175722.722
728.4866345	3739.329	4628.10889	4022.756	253.8637	-175722.722
731.4539935	3739.385	4628.13184	4022.798	253.8566	-175722.722
734.4213525	3739.442	4628.15527	4022.842	253.8495	-175722.722
737.3887115	3739.501	4628.18018	4022.886	253.8426	-175722.722
740.3560705	3739.56	4628.20605	4022.932	253.8357	-175722.722
743.3234295	3739.621	4628.2334	4022.98	253.829	-175722.722
746.2907885	3739.682	4628.26123	4023.029	253.8224	-175722.722
749.2581475	3739.745	4628.29053	4023.079	253.8159	-175722.722
752.2255065	3739.808	4628.32129	4023.13	253.8095	-175722.722
755.1928655	3739.872	4628.35303	4023.183	253.8033	-175722.722
758.1602245	3739.937	4628.38574	4023.237	253.7971	-175722.722
761.1275835	3740.003	4628.4209	4023.292	253.7912	-175722.722
764.0949425	3740.07	4628.45752	4023.349	253.7854	-175722.722
767.0623015	3740.138	4628.49561	4023.407	253.7798	-175722.722
770.0296605	3740.207	4628.53418	4023.467	253.7743	-175722.722
772.9970195	3740.276	4628.57275	4023.528	253.769	-175722.722
775.9643785	3740.347	4628.61133	4023.59	253.7638	-175722.722

778.9317375	3740.418	4628.6499	4023.653	253.7589	-175722.722
781.8990965	3740.49	4628.69092	4023.718	253.7541	-175722.722
784.8664555	3740.562	4628.73584	4023.785	253.7495	-175722.722
787.8338145	3740.635	4628.78418	4023.852	253.7451	-175722.722
790.8011735	3740.71	4628.83545	4023.921	253.7409	-175722.722
793.7685325	3740.784	4628.8877	4023.991	253.737	-175722.722
796.7358915	3740.86	4628.93896	4024.063	253.7332	-175722.722
799.7032505	3740.936	4628.98828	4024.136	253.7297	-175722.722
802.6706095	3741.013	4629.03662	4024.21	253.7263	-175722.722
805.6379685	3741.09	4629.08643	4024.286	253.7232	-175722.722
808.6053275	3741.168	4629.13916	4024.363	253.7203	-175722.722
811.5726865	3741.247	4629.19629	4024.441	253.7177	-175722.722
814.5400455	3741.326	4629.25879	4024.521	253.7153	-175722.722
817.5074045	3741.406	4629.3252	4024.602	253.7131	-175722.722
820.4747635	3741.486	4629.39551	4024.684	253.7112	-175722.722
823.4421225	3741.567	4629.46826	4024.768	253.7095	-175722.722
826.4094815	3741.648	4629.54248	4024.853	253.7081	-175722.722
829.3768405	3741.73	4629.61914	4024.94	253.707	-175722.722
832.3441995	3741.813	4629.69775	4025.028	253.7061	-175722.722
835.3115585	3741.896	4629.7793	4025.117	253.7055	-175722.722
838.2789175	3741.979	4629.86426	4025.207	253.7051	-175722.722
841.2462765	3742.063	4629.95264	4025.299	253.7051	-175722.722
844.2136355	3742.148	4630.04443	4025.393	253.7052	-175722.722
847.1809945	3742.234	4630.13916	4025.488	253.7057	-175722.722
850.1483535	3742.321	4630.23682	4025.584	253.7064	-175722.722
853.1157125	3742.408	4630.33643	4025.681	253.7074	-175722.722
856.0830715	3742.496	4630.43896	4025.78	253.7086	-175722.722
859.0504305	3742.584	4630.54395	4025.88	253.7101	-175722.722
862.0177895	3742.674	4630.65088	4025.982	253.7118	-175722.722
864.9851485	3742.765	4630.75977	4026.085	253.7138	-175722.722
867.9525075	3742.856	4630.87158	4026.189	253.716	-175722.722
870.9198665	3742.949	4630.98535	4026.295	253.7185	-175722.722
873.8872255	3743.043	4631.10107	4026.402	253.7212	-175722.722
876.8545845	3743.138	4631.21924	4026.51	253.7241	-175722.722
879.8219435	3743.235	4631.33984	4026.62	253.7272	-175722.722
882.7893025	3743.332	4631.4624	4026.732	253.7305	-175722.722
885.7566615	3743.431	4631.5874	4026.844	253.734	-175722.722
888.7240205	3743.531	4631.71484	4026.958	253.7378	-175722.722
891.6913795	3743.633	4631.84424	4027.074	253.7416	-175722.722
894.6587385	3743.736	4631.97607	4027.191	253.7457	-175722.722
897.6260975	3743.841	4632.10986	4027.309	253.7498	-175722.722
900.5934565	3743.947	4632.24561	4027.428	253.7542	-175722.722
903.5608155	3744.055	4632.38379	4027.549	253.7586	-175722.722
906.5281745	3744.164	4632.52393	4027.672	253.7632	-175722.722
909.4955335	3744.275	4632.66602	4027.795	253.7678	-175722.722

912.4628925	3744.388	4632.81055	4027.92	253.7726	-175722.722
915.4302515	3744.502	4632.95654	4028.047	253.7774	-175722.722
918.3976105	3744.617	4633.10449	4028.175	253.7823	-175722.722
921.3649695	3744.735	4633.25391	4028.304	253.7873	-175722.722
924.3323285	3744.854	4633.40527	4028.435	253.7923	-175722.722
927.2996875	3744.975	4633.55811	4028.567	253.7972	-175722.722
930.2670465	3745.098	4633.71191	4028.7	253.8022	-175722.722
933.2344055	3745.223	4633.86768	4028.835	253.8073	-175722.722
936.2017645	3745.349	4634.02393	4028.971	253.8123	-175722.722
939.1691235	3745.478	4634.18164	4029.109	253.8172	-175722.722
942.1364825	3745.608	4634.34033	4029.248	253.8221	-175722.722
945.1038415	3745.74	4634.49902	4029.389	253.8269	-175722.722
948.0712005	3745.875	4634.65869	4029.53	253.8316	-175722.722
951.0385595	3746.011	4634.81836	4029.674	253.8362	-175722.722
954.0059185	3746.149	4634.97803	4029.818	253.8407	-175722.722
956.9732775	3746.29	4635.13721	4029.964	253.8451	-175722.722
959.9406365	3746.432	4635.2959	4030.112	253.8493	-175722.722
962.9079955	3746.577	4635.45361	4030.26	253.8533	-175722.722
965.8753545	3746.723	4635.61035	4030.41	253.8571	-175722.722
968.8427135	3746.872	4635.76611	4030.562	253.8607	-175722.722
971.8100725	3747.023	4635.91943	4030.715	253.8641	-175722.722
974.7774315	3747.177	4636.07129	4030.871	253.8675	-175722.722
977.7447905	3747.332	4636.2207	4031.03	253.8708	-175722.722
980.7121495	3747.49	4636.36719	4031.197	253.8746	-175722.722
983.6795085	3747.659	4636.51074	4031.376	253.8794	-175722.722
986.6468675	3747.855	4636.65088	4031.575	253.8858	-175722.722
989.6142265	3748.078	4636.79883	4031.803	253.8913	-175722.722
992.5815855	3748.327	4636.97266	4032.076	253.8981	-175722.722
995.5489445	3748.661	4637.17432	4032.4	253.9073	-175722.722
998.5163035	3749.105	4637.42383	4032.782	253.9141	-175722.722
999.999983	3749.402	4637.64063	4033.029	253.9131	-175722.722

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 90.dat (modified 11:23 PM on 7/12/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Max von Mises Stress (kPa)

Period: t = -8.000 to 16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Allowable Stress
0	106239.1	131406.6	114275.8	7194.708	280728.99
1.4836795	108603	134282.1	117883.1	7403.095	280728.99
4.4510385	112045.7	139567	123199.9	8101.314	280728.99
7.4183975	113724.6	141331.8	125536.9	8506.096	280728.99
10.3857565	114504.9	141855	126208.7	8539.397	280728.99
13.3531155	114762.1	140773.1	126055	8379.668	280728.99
16.3204745	114624.7	141242.9	125584.5	8170.876	280728.99
19.2878335	114394.9	141385.5	125052.2	7991.756	280728.99
22.2551925	114216.5	141427.5	124571.8	7872.358	280728.99
25.2225515	114085.2	141408.3	124185.1	7800.248	280728.99
28.1899105	113996.6	141425.6	123891.7	7756.069	280728.99
31.1572695	113945.9	141480.1	123672.4	7726.896	280728.99
34.1246285	113926.8	141520.8	123508.3	7704.815	280728.99
37.0919875	113931.9	141542.3	123382.1	7685.829	280728.99
40.0593465	113954	141553.3	123281.2	7668.859	280728.99
43.0267055	113976.4	141529.4	123197.6	7653.869	280728.99
45.9940645	113993.9	141473.3	123126.2	7641.061	280728.99
48.9614235	114018.8	141401.5	123063.8	7630.622	280728.99
51.9287825	114047.7	141340.7	123008.1	7622.67	280728.99
54.8961415	114077.8	141261	122957.8	7617.285	280728.99
57.8635005	114106.4	141215.3	122911.8	7614.462	280728.99
60.8308595	114125.1	141221.2	122869.4	7614.215	280728.99
63.7982185	114143.4	141303.4	122830.1	7616.543	280728.99
66.7655775	114160.1	141423.8	122793.7	7621.376	280728.99
69.7329365	114174.6	141557.7	122759.9	7628.698	280728.99
72.7002955	114186	141680.9	122728.3	7638.469	280728.99
75.6676545	114194.2	141797.2	122699	7650.609	280728.99
78.6350135	114199	141919.5	122671.7	7665.064	280728.99
81.6023725	114197.1	142024.6	122646.3	7681.76	280728.99
84.5697315	114187.1	142112.2	122622.9	7700.593	280728.99
87.5370905	114173.8	142182.6	122601.1	7721.444	280728.99
90.5044495	114158.3	142235.5	122581.1	7744.182	280728.99
93.4718085	114141.7	142272.1	122562.6	7768.669	280728.99
96.4391675	114125	142292.7	122545.7	7794.697	280728.99
99.4065265	114109	142317.3	122530.3	7822.055	280728.99
102.3738855	114094.3	142336.4	122516.1	7850.56	280728.99

105.3412445	114081.1	142345.7	122503.2	7879.91	280728.99
108.3086035	114069.3	142345.1	122491.3	7909.881	280728.99
111.2759625	114054.3	142336.1	122480.5	7940.249	280728.99
114.2433215	114026.4	142320	122470.5	7970.708	280728.99
117.2106805	113984.2	142331.7	122461.3	8001.084	280728.99
120.1780395	113860.3	142340.4	122452.7	8031.114	280728.99
123.1453985	113701.6	142523.9	122444.7	8060.604	280728.99
126.1127575	113537.3	142674.3	122437.1	8089.395	280728.99
129.0801165	113338.6	142875.8	122430	8117.272	280728.99
132.0474755	113137.1	143055.9	122423.1	8144.123	280728.99
135.0148345	112917.6	143202.4	122416.5	8169.82	280728.99
137.9821935	112695.7	143304.1	122410.1	8194.249	280728.99
140.9495525	112452.5	143500.5	122403.9	8217.274	280728.99
143.9169115	112203.3	143667.7	122397.8	8238.827	280728.99
146.8842705	111954.8	143786.4	122391.7	8258.802	280728.99
149.8516295	111710.8	143923.5	122385.7	8277.114	280728.99
152.8189885	111475.1	144108.3	122379.6	8293.673	280728.99
155.7863475	111251.2	144237.1	122373.6	8308.368	280728.99
158.7537065	111042.9	144295.8	122367.5	8321.19	280728.99
161.7210655	110853.5	144402.6	122361.5	8332.013	280728.99
164.6884245	110685.5	144509.8	122355.4	8340.783	280728.99
167.6557835	110541.9	144537.3	122349.3	8347.503	280728.99
170.6231425	110424	144476.1	122343.2	8352.159	280728.99
173.5905015	110333.1	144421.3	122337.2	8354.755	280728.99
176.5578605	110270	144404.3	122331.3	8355.325	280728.99
179.5252195	110234.1	144295	122325.4	8353.98	280728.99
182.4925785	110224.4	144090.4	122319.7	8350.823	280728.99
185.4599375	110239.3	143931.5	122314.1	8345.953	280728.99
188.4272965	110270.4	143806.5	122308.7	8339.494	280728.99
191.3946555	110322.5	143588.1	122303.5	8331.551	280728.99
194.3620145	110394.1	143347.7	122298.4	8322.255	280728.99
197.3293735	110483	143250.9	122293.5	8311.702	280728.99
200.2967325	110586.9	143060.1	122288.8	8299.929	280728.99
203.2640915	110695.2	142861.4	122284.2	8287.018	280728.99
206.2314505	110801	142812	122279.8	8272.982	280728.99
209.1988095	110842.5	142663	122275.5	8257.81	280728.99
212.1661685	110867	142510.8	122271.3	8241.529	280728.99
215.1335275	110870.3	142503.4	122267.2	8224.122	280728.99
218.1008865	110880.7	142388.2	122263.1	8205.587	280728.99
221.0682455	110902.3	142249.2	122259.2	8185.949	280728.99
224.0356045	110934.6	142278.4	122255.4	8165.188	280728.99
227.0029635	110977.3	142193.4	122251.6	8143.337	280728.99
229.9703225	111030.3	142057.6	122248	8120.416	280728.99
232.9376815	111093.4	142122.8	122244.5	8096.42	280728.99
235.9050405	111166.6	142065.5	122241.1	8071.357	280728.99

238.8723995	111250	141905	122237.9	8045.206	280728.99
241.8397585	111343.7	141993.5	122234.8	8017.959	280728.99
244.8071175	111448.2	141948.5	122231.9	7989.565	280728.99
247.7744765	111563.8	141765.2	122229.3	7959.981	280728.99
250.7418355	111690.2	141762.6	122226.9	7929.185	280728.99
253.7091945	111821.1	141703.5	122224.7	7897.122	280728.99
256.6765535	111947.2	141492.6	122222.9	7863.777	280728.99
259.6439125	112081.7	141272.7	122221.2	7829.15	280728.99
262.6112715	112224.1	141180.4	122219.9	7793.267	280728.99
265.5786305	112374.2	140926	122218.9	7756.175	280728.99
268.5459895	112507.9	140516.8	122218.2	7717.891	280728.99
271.5133485	112642.3	140328.7	122217.8	7678.52	280728.99
274.4807075	112783	140033.3	122217.7	7638.165	280728.99
277.4480665	112924.6	139573.2	122217.8	7596.852	280728.99
280.4154255	113051.6	139180.9	122218.3	7554.719	280728.99
283.3827845	113185.1	139077.7	122219	7511.845	280728.99
286.3501435	113324.4	139055.5	122219.9	7468.263	280728.99
289.3175025	113468.8	139025.5	122221	7424.09	280728.99
292.2848615	113609.8	138990.1	122222.3	7379.332	280728.99
295.2522205	113744.7	138952.3	122223.7	7334.001	280728.99
298.2195795	113883.7	138913.2	122225	7288.021	280728.99
301.1869385	114025.6	138873.8	122226	7241.156	280728.99
304.1542975	114168.6	138863.1	122226.4	7193.052	280728.99
307.1216565	114311.2	138857.4	122225.4	7143.002	280728.99
310.0890155	114451.7	138850.4	122222	7089.896	280728.99
313.0563745	114588.1	138863.6	122214.3	7032.01	280728.99
316.0237335	114719	138877.8	122199.5	6966.759	280728.99
318.9910925	114798.3	138887.2	122173.9	6892.279	280728.99
321.9584515	114861.3	138897.2	122135.9	6809.787	280728.99
324.9258105	114922.1	138916.5	122086.3	6723.268	280728.99
327.8931695	114981	138918.4	122024.9	6636.626	280728.99
330.8605285	115037.9	138892.3	121949.6	6552.667	280728.99
333.8278875	115091.9	138821.7	121854.3	6472.729	280728.99
336.7952465	115075.9	138725.8	121728.4	6397.721	280728.99
339.7626055	114424.4	138574.3	121559.7	6329.12	280728.99
342.7299645	113789	138311.9	121345	6268.859	280728.99
345.6973235	113369.5	138020.9	121085.3	6219.536	280728.99
348.6646825	112813.2	137606.5	120771.6	6188.648	280728.99
351.6320415	112316.7	137190.9	120382.1	6195.264	280728.99
354.5994005	111914.2	136711.8	119905.4	6253.507	280728.99
357.5667595	111568.4	136108.6	119369.6	6352.309	280728.99
360.5341185	111226.4	135363.6	118819.7	6468.488	280728.99
363.5014775	110770.6	134528.7	118296.3	6572.374	280728.99
366.4688365	110200.4	133649.7	117828.2	6637.195	280728.99
369.4361955	109808.4	132862.4	117427.7	6661.244	280728.99

372.4035545	109579.9	132224.4	117093.8	6658.441	280728.99
375.3709135	109401.8	131728.4	116816.9	6643.86	280728.99
378.3382725	109358.4	131637.7	116586.6	6631.963	280728.99
381.3056315	109343.4	131624.9	116396	6635.15	280728.99
384.2729905	109230.4	131639.2	116243	6659.115	280728.99
387.2403495	109155.3	131669.4	116127.3	6698.748	280728.99
390.2077085	108757.9	131707	116045.2	6744.163	280728.99
393.1750675	108160.4	131747.7	115988.6	6789.125	280728.99
396.1424265	107668.4	131788.5	115949.7	6830.699	280728.99
399.1097855	107287.7	131827.2	115920.6	6868.424	280728.99
402.0771445	106984.1	131862.8	115894.8	6902.212	280728.99
405.0445035	106754	131896.4	115867.1	6931.898	280728.99
408.0118625	106588.3	131927.1	115833.2	6957.568	280728.99
410.9792215	106468.7	131959.2	115791	6979.631	280728.99
413.9465805	106381.9	131992	115739.2	6999.653	280728.99
416.9139395	106318.2	132021.8	115676.7	7018.614	280728.99
419.8812985	106272	132050	115601.5	7035.952	280728.99
422.8486575	106286.9	132076	115508.8	7054.067	280728.99
425.8160165	106261.2	132101.8	115394.7	7076.499	280728.99
428.7833755	106281.3	132128.7	115260.7	7106.491	280728.99
431.7507345	106309.7	132162	115118.2	7147.969	280728.99
434.7180935	106325	132196.8	114984.8	7200.104	280728.99
437.6854525	106344.2	132232	114872.2	7256.462	280728.99
440.6528115	106363.9	132267.8	114782.9	7311.166	280728.99
443.6201705	106374.6	132303.5	114715.5	7360.38	280728.99
446.5875295	106381.2	132337.7	114666.4	7402.72	280728.99
449.5548885	106385.2	132370.7	114632	7438.146	280728.99
452.5222475	106387.1	132402.3	114609	7467.299	280728.99
455.4896065	106387.5	132430.6	114594.4	7491.149	280728.99
458.4569655	106386.9	132456.3	114585.8	7510.767	280728.99
461.4243245	106385.4	132480.1	114581.6	7526.973	280728.99
464.3916835	106382.8	132500.8	114580.2	7540.505	280728.99
467.3590425	106358.4	132518.1	114580.7	7552.011	280728.99
470.3264015	106347.8	132534.3	114582.4	7561.734	280728.99
473.2937605	106356.3	132548.2	114584.7	7570.218	280728.99
476.2611195	106372.6	132558.9	114587.3	7577.486	280728.99
479.2284785	106370.9	132569.7	114590	7583.741	280728.99
482.1958375	106370.4	132578.7	114592.7	7589.011	280728.99
485.1631965	106371.3	132587.1	114595.3	7593.391	280728.99
488.1305555	106373.3	132594.1	114597.7	7596.87	280728.99
491.0979145	106376	132599.9	114599.7	7599.532	280728.99
494.0652735	106378.7	132603.8	114601.3	7601.369	280728.99
497.0326325	106380.6	132606.1	114602.4	7602.424	280728.99
499.9999915	106381.3	132607.1	114602.8	7602.78	280728.99
502.9673505	106380.6	132606.4	114602.4	7602.422	280728.99

505.9347095	106378.7	132603.8	114601.3	7601.383	280728.99
508.9020685	106376	132599.6	114599.7	7599.519	280728.99
511.8694275	106373.3	132594.5	114597.7	7596.854	280728.99
514.8367865	106371.2	132587.1	114595.3	7593.401	280728.99
517.8041455	106370.4	132578.7	114592.7	7589.007	280728.99
520.7715045	106370.9	132569.7	114590	7583.753	280728.99
523.7388635	106372.7	132559.5	114587.3	7577.469	280728.99
526.7062225	106356.7	132547.5	114584.7	7570.206	280728.99
529.6735815	106347.8	132534.3	114582.4	7561.763	280728.99
532.6409405	106358.4	132518.7	114580.7	7551.982	280728.99
535.6082995	106382.8	132500.2	114580.2	7540.485	280728.99
538.5756585	106385.4	132480.1	114581.6	7526.969	280728.99
541.5430175	106386.9	132456.6	114585.9	7510.776	280728.99
544.5103765	106387.5	132430.6	114594.4	7491.156	280728.99
547.4777355	106387.1	132402	114609	7467.265	280728.99
550.4450945	106385.2	132370.7	114632.1	7438.16	280728.99
553.4124535	106381.2	132338	114666.4	7402.733	280728.99
556.3798125	106374.5	132303.2	114715.5	7360.337	280728.99
559.3471715	106363.9	132267.8	114782.9	7311.138	280728.99
562.3145305	106344.2	132232.3	114872.2	7256.484	280728.99
565.2818895	106325	132196.5	114984.8	7200.094	280728.99
568.2492485	106309.8	132162.3	115118.2	7147.943	280728.99
571.2166075	106281.3	132128.7	115260.7	7106.477	280728.99
574.1839665	106261.2	132101.8	115394.7	7076.483	280728.99
577.1513255	106286.9	132076.3	115508.8	7054.071	280728.99
580.1186845	106272	132049.7	115601.5	7035.922	280728.99
583.0860435	106318.2	132022.1	115676.7	7018.597	280728.99
586.0534025	106381.8	131992	115739.2	6999.651	280728.99
589.0207615	106468.7	131958.9	115791	6979.61	280728.99
591.9881205	106588.3	131927.4	115833.2	6957.546	280728.99
594.9554795	106754	131896.1	115867.1	6931.878	280728.99
597.9228385	106984.2	131862.8	115894.8	6902.2	280728.99
600.8901975	107287.6	131827.2	115920.6	6868.397	280728.99
603.8575565	107668.4	131788.6	115949.7	6830.672	280728.99
606.8249155	108160.4	131748.1	115988.7	6789.119	280728.99
609.7922745	108757.9	131707	116045.2	6744.133	280728.99
612.7596335	109155.5	131669.1	116127.3	6698.702	280728.99
615.7269925	109230.6	131639.2	116243	6659.106	280728.99
618.6943515	109343.6	131624.9	116396.1	6635.113	280728.99
621.6617105	109358.4	131637.4	116586.6	6631.924	280728.99
624.6290695	109401.9	131728.4	116817	6643.842	280728.99
627.5964285	109580	132224.3	117093.9	6658.4	280728.99
630.5637875	109808.4	132862.4	117427.7	6661.192	280728.99
633.5311465	110200.4	133649.7	117828.2	6637.153	280728.99
636.4985055	110770.6	134528.6	118296.3	6572.335	280728.99

639.4658645	111226.4	135363.6	118819.8	6468.443	280728.99
642.4332235	111568.4	136108.6	119369.6	6352.256	280728.99
645.4005825	111914.2	136711.7	119905.5	6253.464	280728.99
648.3679415	112316.7	137190.9	120382.2	6195.234	280728.99
651.3353005	112813.2	137606.5	120771.6	6188.611	280728.99
654.3026595	113369.5	138020.9	121085.3	6219.512	280728.99
657.2700185	113789	138311.8	121345.1	6268.85	280728.99
660.2373775	114424.4	138574.3	121559.7	6329.092	280728.99
663.2047365	115075.9	138725.9	121728.4	6397.704	280728.99
666.1720955	115091.9	138821.7	121854.4	6472.714	280728.99
669.1394545	115037.9	138892.1	121949.6	6552.64	280728.99
672.1068135	114981	138918.5	122024.9	6636.612	280728.99
675.0741725	114922.1	138916.5	122086.3	6723.252	280728.99
678.0415315	114861.3	138897.2	122135.9	6809.759	280728.99
681.0088905	114798.3	138887.3	122173.9	6892.262	280728.99
683.9762495	114719	138877.8	122199.5	6966.75	280728.99
686.9436085	114588.1	138863.4	122214.4	7031.98	280728.99
689.9109675	114451.7	138850.4	122222	7089.88	280728.99
692.8783265	114311.2	138857.4	122225.4	7142.987	280728.99
695.8456855	114168.6	138863.1	122226.4	7193.03	280728.99
698.8130445	114025.6	138873.9	122226.1	7241.141	280728.99
701.7804035	113883.7	138913.2	122225	7287.997	280728.99
704.7477625	113744.7	138952.5	122223.7	7333.986	280728.99
707.7151215	113609.8	138990	122222.3	7379.316	280728.99
710.6824805	113468.8	139025.3	122221	7424.076	280728.99
713.6498395	113324.4	139055.6	122219.9	7468.24	280728.99
716.6171985	113185.1	139077.7	122219	7511.817	280728.99
719.5845575	113051.6	139180.9	122218.3	7554.711	280728.99
722.5519165	112924.6	139572.9	122217.9	7596.837	280728.99
725.5192755	112783	140033.3	122217.7	7638.143	280728.99
728.4866345	112642.3	140329	122217.8	7678.508	280728.99
731.4539935	112507.9	140516.8	122218.2	7717.869	280728.99
734.4213525	112374.2	140926.1	122219	7756.15	280728.99
737.3887115	112224.2	141180.5	122220	7793.259	280728.99
740.3560705	112081.7	141272.5	122221.3	7829.131	280728.99
743.3234295	111947.1	141492.7	122222.9	7863.765	280728.99
746.2907885	111821.2	141703.4	122224.8	7897.106	280728.99
749.2581475	111690.2	141762.6	122226.9	7929.157	280728.99
752.2255065	111563.7	141765.3	122229.3	7959.972	280728.99
755.1928655	111448.3	141948.5	122232	7989.543	280728.99
758.1602245	111343.7	141993.5	122234.8	8017.941	280728.99
761.1275835	111249.9	141905.1	122237.9	8045.2	280728.99
764.0949425	111166.5	142065.5	122241.1	8071.337	280728.99
767.0623015	111093.5	142122.8	122244.5	8096.395	280728.99
770.0296605	111030.3	142057.6	122248	8120.4	280728.99

772.9970195	110977.4	142193.4	122251.7	8143.324	280728.99
775.9643785	110934.6	142278.3	122255.4	8165.173	280728.99
778.9317375	110902.2	142249	122259.2	8185.93	280728.99
781.8990965	110880.8	142388	122263.2	8205.571	280728.99
784.8664555	110870.4	142503.4	122267.2	8224.106	280728.99
787.8338145	110867	142511	122271.3	8241.508	280728.99
790.8011735	110842.4	142663	122275.5	8257.803	280728.99
793.7685325	110801	142812	122279.8	8272.958	280728.99
796.7358915	110695.2	142861.5	122284.2	8286.995	280728.99
799.7032505	110586.8	143060.3	122288.8	8299.929	280728.99
802.6706095	110483.1	143250.9	122293.5	8311.687	280728.99
805.6379685	110394.1	143347.7	122298.4	8322.233	280728.99
808.6053275	110322.4	143588.1	122303.5	8331.535	280728.99
811.5726865	110270.3	143806.3	122308.7	8339.467	280728.99
814.5400455	110239.4	143931.7	122314.1	8345.934	280728.99
817.5074045	110224.5	144090.6	122319.7	8350.82	280728.99
820.4747635	110234	144294.8	122325.4	8353.972	280728.99
823.4421225	110270	144404.3	122331.3	8355.312	280728.99
826.4094815	110333.2	144421.1	122337.2	8354.722	280728.99
829.3768405	110423.9	144476	122343.2	8352.133	280728.99
832.3441995	110541.9	144537.4	122349.3	8347.499	280728.99
835.3115585	110685.7	144509.8	122355.4	8340.779	280728.99
838.2789175	110853.4	144402.3	122361.5	8331.982	280728.99
841.2462765	111042.9	144295.9	122367.6	8321.166	280728.99
844.2136355	111251.2	144236.8	122373.6	8308.377	280728.99
847.1809945	111475	144108.5	122379.7	8293.645	280728.99
850.1483535	111710.8	143923.5	122385.7	8277.092	280728.99
853.1157125	111954.8	143786.7	122391.7	8258.793	280728.99
856.0830715	112203.3	143667.5	122397.8	8238.808	280728.99
859.0504305	112452.6	143500.5	122403.9	8217.257	280728.99
862.0177895	112695.7	143304.1	122410.2	8194.227	280728.99
864.9851485	112917.6	143202.6	122416.6	8169.807	280728.99
867.9525075	113136.9	143055.8	122423.1	8144.109	280728.99
870.9198665	113338.5	142875.9	122430	8117.262	280728.99
873.8872255	113537.2	142674.1	122437.1	8089.371	280728.99
876.8545845	113701.6	142523.8	122444.7	8060.592	280728.99
879.8219435	113860.3	142340.3	122452.7	8031.095	280728.99
882.7893025	113984.2	142331.7	122461.3	8001.064	280728.99
885.7566615	114026.4	142319.5	122470.5	7970.694	280728.99
888.7240205	114054.3	142336.1	122480.5	7940.218	280728.99
891.6913795	114069.3	142345.3	122491.4	7909.876	280728.99
894.6587385	114081.1	142345.5	122503.2	7879.895	280728.99
897.6260975	114094.3	142336.5	122516.1	7850.528	280728.99
900.5934565	114109	142317.5	122530.3	7822.053	280728.99
903.5608155	114125	142292.7	122545.8	7794.671	280728.99

906.5281745	114141.7	142272.3	122562.7	7768.644	280728.99
909.4955335	114158.3	142235.6	122581.1	7744.181	280728.99
912.4628925	114173.8	142182.5	122601.1	7721.425	280728.99
915.4302515	114187.1	142112.1	122622.9	7700.564	280728.99
918.3976105	114197.2	142024.4	122646.4	7681.738	280728.99
921.3649695	114199	141919.6	122671.7	7665.055	280728.99
924.3323285	114194.3	141797.3	122699	7650.594	280728.99
927.2996875	114186	141680.7	122728.4	7638.447	280728.99
930.2670465	114174.5	141557.8	122759.9	7628.683	280728.99
933.2344055	114160.2	141424	122793.8	7621.36	280728.99
936.2017645	114143.4	141303.5	122830.2	7616.514	280728.99
939.1691235	114125.1	141221.2	122869.4	7614.196	280728.99
942.1364825	114106.4	141215.2	122911.8	7614.443	280728.99
945.1038415	114077.8	141261.1	122957.8	7617.263	280728.99
948.0712005	114047.7	141340.6	123008.2	7622.656	280728.99
951.0385595	114018.8	141401.5	123063.9	7630.602	280728.99
954.0059185	113993.9	141473	123126.3	7641.04	280728.99
956.9732775	113976.4	141529.4	123197.6	7653.846	280728.99
959.9406365	113954	141553.5	123281.2	7668.837	280728.99
962.9079955	113931.9	141542.3	123382.1	7685.81	280728.99
965.8753545	113926.8	141520.8	123508.3	7704.793	280728.99
968.8427135	113946	141480.1	123672.4	7726.872	280728.99
971.8100725	113996.6	141425.7	123891.7	7756.046	280728.99
974.7774315	114085.2	141408.3	124185.1	7800.229	280728.99
977.7447905	114216.5	141427.5	124571.8	7872.335	280728.99
980.7121495	114394.9	141385.4	125052.3	7991.728	280728.99
983.6795085	114624.7	141242.9	125584.6	8170.849	280728.99
986.6468675	114762.1	140773.2	126055	8379.641	280728.99
989.6142265	114504.9	141855	126208.7	8539.37	280728.99
992.5815855	113724.6	141331.8	125536.9	8506.068	280728.99
995.5489445	112045.7	139567	123199.9	8101.287	280728.99
998.5163035	108603	134282.1	117883.2	7403.071	280728.99
999.999983	106242	131409	114278.2	7194.636	280728.99

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 135.dat (modified 9:44 PM on 7/25/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Effective Tension (kN)

Period: t = -8.000 to

16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Compression Limit
0	3641.24	3696.696	3662.356	15.99324	-175722.722
1.4836795	3641.129	3696.425	3662.167	15.97461	-175722.722
4.4510385	3640.695	3695.784	3661.565	15.87496	-175722.722
7.4183975	3640.424	3695.154	3660.995	15.79608	-175722.722
10.3857565	3640.398	3695.375	3660.449	15.74508	-175722.722
13.3531155	3640.253	3695.496	3659.918	15.7226	-175722.722
16.3204745	3639.518	3695.435	3659.399	15.73454	-175722.722
19.2878335	3638.452	3695.287	3658.892	15.7806	-175722.722
22.2551925	3637.406	3695.03	3658.397	15.84962	-175722.722
25.2225515	3636.396	3694.578	3657.911	15.92804	-175722.722
28.1899105	3635.248	3693.799	3657.435	16.00892	-175722.722
31.1572695	3633.884	3692.738	3656.964	16.08926	-175722.722
34.1246285	3632.491	3691.572	3656.498	16.16637	-175722.722
37.0919875	3631.202	3690.503	3656.039	16.23456	-175722.722
40.0593465	3630.086	3689.668	3655.59	16.28644	-175722.722
43.0267055	3629.075	3689.001	3655.154	16.31701	-175722.722
45.9940645	3628.077	3688.363	3654.727	16.32512	-175722.722
48.9614235	3627.136	3687.727	3654.309	16.31137	-175722.722
51.9287825	3626.345	3687.132	3653.899	16.27566	-175722.722
54.8961415	3625.726	3686.591	3653.501	16.21761	-175722.722
57.8635005	3625.367	3686.055	3653.113	16.13937	-175722.722
60.8308595	3625.159	3685.471	3652.733	16.04754	-175722.722
63.7982185	3625.102	3684.849	3652.359	15.95179	-175722.722
66.7655775	3625.13	3684.269	3651.989	15.86134	-175722.722
69.7329365	3625.199	3683.819	3651.619	15.78219	-175722.722
72.7002955	3625.309	3683.472	3651.251	15.71702	-175722.722
75.6676545	3625.432	3683.17	3650.883	15.66688	-175722.722
78.6350135	3625.51	3682.868	3650.514	15.63224	-175722.722
81.6023725	3625.499	3682.566	3650.144	15.61242	-175722.722
84.5697315	3625.427	3682.298	3649.773	15.60464	-175722.722
87.5370905	3625.344	3682.102	3649.403	15.60453	-175722.722
90.5044495	3625.256	3681.953	3649.034	15.60784	-175722.722
93.4718085	3625.128	3681.837	3648.667	15.61191	-175722.722
96.4391675	3624.919	3681.754	3648.3	15.61534	-175722.722
99.4065265	3624.607	3681.7	3647.934	15.61726	-175722.722
102.3738855	3624.213	3681.646	3647.57	15.61649	-175722.722

105.3412445	3623.78	3681.527	3647.208	15.612	-175722.722
108.3086035	3623.316	3681.315	3646.849	15.6037	-175722.722
111.2759625	3622.822	3680.967	3646.493	15.59248	-175722.722
114.2433215	3622.305	3680.474	3646.141	15.57976	-175722.722
117.2106805	3621.781	3679.909	3645.793	15.5668	-175722.722
120.1780395	3621.251	3679.258	3645.449	15.55442	-175722.722
123.1453985	3620.705	3678.552	3645.109	15.54322	-175722.722
126.1127575	3620.126	3677.82	3644.774	15.53353	-175722.722
129.0801165	3619.514	3677.098	3644.442	15.52529	-175722.722
132.0474755	3618.896	3676.423	3644.114	15.51778	-175722.722
135.0148345	3618.304	3675.82	3643.791	15.50987	-175722.722
137.9821935	3617.769	3675.306	3643.472	15.50084	-175722.722
140.9495525	3617.307	3674.894	3643.158	15.49086	-175722.722
143.9169115	3616.926	3674.563	3642.849	15.4812	-175722.722
146.8842705	3616.632	3674.317	3642.542	15.47371	-175722.722
149.8516295	3616.403	3674.178	3642.238	15.47036	-175722.722
152.8189885	3616.259	3674.106	3641.935	15.47289	-175722.722
155.7863475	3616.19	3674.067	3641.632	15.48273	-175722.722
158.7537065	3616.172	3674.03	3641.327	15.501	-175722.722
161.7210655	3616.173	3673.972	3641.018	15.52826	-175722.722
164.6884245	3616.163	3673.888	3640.706	15.56424	-175722.722
167.6557835	3616.117	3673.773	3640.388	15.60789	-175722.722
170.6231425	3616.007	3673.631	3640.065	15.65765	-175722.722
173.5905015	3615.788	3673.464	3639.736	15.71169	-175722.722
176.5578605	3615.433	3673.281	3639.401	15.76801	-175722.722
179.5252195	3614.973	3673.092	3639.061	15.82433	-175722.722
182.4925785	3614.434	3672.885	3638.718	15.87804	-175722.722
185.4599375	3613.841	3672.644	3638.372	15.92647	-175722.722
188.4272965	3613.241	3672.346	3638.026	15.96719	-175722.722
191.3946555	3612.665	3671.978	3637.68	15.99833	-175722.722
194.3620145	3612.118	3671.544	3637.335	16.0186	-175722.722
197.3293735	3611.618	3671.068	3636.994	16.02716	-175722.722
200.2967325	3611.173	3670.548	3636.655	16.02362	-175722.722
203.2640915	3610.777	3670.006	3636.319	16.00788	-175722.722
206.2314505	3610.417	3669.463	3635.986	15.98022	-175722.722
209.1988095	3610.082	3668.936	3635.656	15.94111	-175722.722
212.1661685	3609.768	3668.437	3635.329	15.89114	-175722.722
215.1335275	3609.479	3667.969	3635.005	15.83093	-175722.722
218.1008865	3609.223	3667.524	3634.684	15.76132	-175722.722
221.0682455	3609.009	3667.092	3634.366	15.68358	-175722.722
224.0356045	3608.826	3666.661	3634.051	15.59955	-175722.722
227.0029635	3608.693	3666.224	3633.74	15.51169	-175722.722
229.9703225	3608.609	3665.785	3633.431	15.42286	-175722.722
232.9376815	3608.565	3665.348	3633.125	15.33616	-175722.722
235.9050405	3608.544	3664.916	3632.822	15.25481	-175722.722

238.8723995	3608.523	3664.492	3632.52	15.18197	-175722.722
241.8397585	3608.478	3664.091	3632.218	15.12046	-175722.722
244.8071175	3608.395	3663.714	3631.918	15.07263	-175722.722
247.7744765	3608.27	3663.365	3631.617	15.04011	-175722.722
250.7418355	3608.105	3663.052	3631.317	15.02393	-175722.722
253.7091945	3607.892	3662.775	3631.018	15.02469	-175722.722
256.6765535	3607.652	3662.541	3630.719	15.04273	-175722.722
259.6439125	3607.389	3662.356	3630.422	15.07809	-175722.722
262.6112715	3607.112	3662.245	3630.126	15.13043	-175722.722
265.5786305	3606.822	3662.189	3629.831	15.199	-175722.722
268.5459895	3606.522	3662.179	3629.537	15.28264	-175722.722
271.5133485	3606.208	3662.206	3629.244	15.37984	-175722.722
274.4807075	3605.879	3662.26	3628.953	15.4888	-175722.722
277.4480665	3605.531	3662.336	3628.662	15.60739	-175722.722
280.4154255	3605.162	3662.435	3628.373	15.73322	-175722.722
283.3827845	3604.768	3662.549	3628.084	15.86374	-175722.722
286.3501435	3604.335	3662.672	3627.796	15.9962	-175722.722
289.3175025	3603.854	3662.799	3627.509	16.12782	-175722.722
292.2848615	3603.34	3662.923	3627.222	16.25551	-175722.722
295.2522205	3602.805	3663.033	3626.938	16.37594	-175722.722
298.2195795	3602.266	3663.126	3626.655	16.48554	-175722.722
301.1869385	3601.739	3663.172	3626.376	16.5809	-175722.722
304.1542975	3601.235	3663.155	3626.1	16.65886	-175722.722
307.1216565	3600.765	3663.068	3625.827	16.71684	-175722.722
310.0890155	3600.323	3662.935	3625.558	16.75013	-175722.722
313.0563745	3599.917	3662.74	3625.277	16.73779	-175722.722
316.0237335	3599.55	3662.472	3624.97	16.66994	-175722.722
318.9910925	3599.223	3662.08	3624.642	16.56324	-175722.722
321.9584515	3598.938	3661.559	3624.302	16.42312	-175722.722
324.9258105	3598.692	3660.967	3623.962	16.26384	-175722.722
327.8931695	3598.484	3660.284	3623.627	16.09476	-175722.722
330.8605285	3598.317	3659.491	3623.299	15.91506	-175722.722
333.8278875	3598.173	3658.606	3622.981	15.72302	-175722.722
336.7952465	3598.075	3657.636	3622.672	15.51729	-175722.722
339.7626055	3598.028	3656.583	3622.374	15.29726	-175722.722
342.7299645	3598.039	3655.483	3622.088	15.06322	-175722.722
345.6973235	3598.121	3654.376	3621.812	14.81646	-175722.722
348.6646825	3598.291	3653.294	3621.545	14.55947	-175722.722
351.6320415	3598.537	3652.26	3621.284	14.296	-175722.722
354.5994005	3598.881	3651.288	3621.029	14.03103	-175722.722
357.5667595	3599.289	3650.419	3620.774	13.77031	-175722.722
360.5341185	3599.732	3649.63	3620.519	13.5203	-175722.722
363.5014775	3600.214	3648.921	3620.26	13.28756	-175722.722
366.4688365	3600.735	3648.316	3619.995	13.07899	-175722.722
369.4361955	3601.288	3647.78	3619.721	12.90143	-175722.722

372.4035545	3601.859	3647.311	3619.435	12.76041	-175722.722
375.3709135	3602.424	3646.928	3619.137	12.66037	-175722.722
378.3382725	3602.955	3646.619	3618.824	12.60454	-175722.722
381.3056315	3602.986	3646.371	3618.496	12.59477	-175722.722
384.2729905	3602.335	3646.178	3618.151	12.63142	-175722.722
387.2403495	3601.668	3646.053	3617.791	12.71348	-175722.722
390.2077085	3600.983	3645.984	3617.414	12.83882	-175722.722
393.1750675	3600.28	3645.965	3617.021	13.00404	-175722.722
396.1424265	3599.559	3645.993	3616.615	13.20481	-175722.722
399.1097855	3598.818	3646.063	3616.196	13.43596	-175722.722
402.0771445	3598.057	3646.178	3615.766	13.69171	-175722.722
405.0445035	3597.275	3646.325	3615.325	13.96591	-175722.722
408.0118625	3596.473	3646.486	3614.877	14.25209	-175722.722
410.9792215	3595.649	3646.65	3614.423	14.54389	-175722.722
413.9465805	3594.803	3646.803	3613.963	14.83533	-175722.722
416.9139395	3593.936	3646.935	3613.501	15.12107	-175722.722
419.8812985	3593.047	3647.039	3613.036	15.39676	-175722.722
422.8486575	3592.135	3647.11	3612.57	15.65895	-175722.722
425.8160165	3591.203	3647.155	3612.104	15.90523	-175722.722
428.7833755	3590.248	3647.14	3611.638	16.13415	-175722.722
431.7507345	3589.273	3647.039	3611.172	16.3452	-175722.722
434.7180935	3588.278	3646.826	3610.707	16.53888	-175722.722
437.6854525	3587.263	3646.524	3610.241	16.71658	-175722.722
440.6528115	3586.23	3646.092	3609.775	16.88049	-175722.722
443.6201705	3585.179	3645.531	3609.308	17.03342	-175722.722
446.5875295	3584.112	3644.89	3608.841	17.17864	-175722.722
449.5548885	3583.03	3644.172	3608.371	17.3196	-175722.722
452.5222475	3581.934	3643.418	3607.899	17.45988	-175722.722
455.4896065	3580.826	3642.674	3607.423	17.60278	-175722.722
458.4569655	3579.708	3641.983	3606.944	17.75126	-175722.722
461.4243245	3578.58	3641.39	3606.461	17.90781	-175722.722
464.3916835	3577.446	3640.88	3605.975	18.0744	-175722.722
467.3590425	3576.308	3640.451	3605.485	18.25247	-175722.722
470.3264015	3575.17	3640.132	3604.993	18.44283	-175722.722
473.2937605	3574.036	3639.886	3604.501	18.64532	-175722.722
476.2611195	3572.914	3639.707	3604.01	18.85847	-175722.722
479.2284785	3571.814	3639.6	3603.523	19.07898	-175722.722
482.1958375	3570.795	3639.572	3603.056	19.29176	-175722.722
485.1631965	3569.959	3639.598	3602.644	19.46173	-175722.722
488.1305555	3569.306	3639.679	3602.29	19.58632	-175722.722
491.0979145	3568.836	3639.807	3601.995	19.6632	-175722.722
494.0652735	3568.549	3639.98	3601.76	19.69037	-175722.722
497.0326325	3568.446	3640.172	3601.587	19.66625	-175722.722
499.9999915	3568.525	3640.356	3601.475	19.58977	-175722.722
502.9673505	3568.788	3640.512	3601.426	19.46058	-175722.722

505.9347095	3569.234	3640.63	3601.429	19.28169	-175722.722
508.9020685	3569.863	3640.688	3601.441	19.07224	-175722.722
511.8694275	3570.565	3640.646	3601.439	18.85245	-175722.722
514.8367865	3571.291	3640.473	3601.413	18.62598	-175722.722
517.8041455	3572.028	3640.187	3601.36	18.39216	-175722.722
520.7715045	3572.772	3639.754	3601.284	18.15014	-175722.722
523.7388635	3573.517	3639.158	3601.19	17.89924	-175722.722
526.7062225	3574.26	3638.451	3601.083	17.63924	-175722.722
529.6735815	3575	3637.597	3600.968	17.37035	-175722.722
532.6409405	3575.733	3636.643	3600.848	17.09312	-175722.722
535.6082995	3576.446	3635.638	3600.726	16.80843	-175722.722
538.5756585	3577.128	3634.599	3600.602	16.51716	-175722.722
541.5430175	3577.774	3633.564	3600.478	16.22014	-175722.722
544.5103765	3578.369	3632.56	3600.353	15.91809	-175722.722
547.4777355	3578.911	3631.62	3600.229	15.61163	-175722.722
550.4450945	3579.392	3630.754	3600.104	15.30146	-175722.722
553.4124535	3579.813	3629.961	3599.978	14.9884	-175722.722
556.3798125	3580.189	3629.242	3599.853	14.67356	-175722.722
559.3471715	3580.544	3628.629	3599.726	14.35857	-175722.722
562.3145305	3580.895	3628.093	3599.6	14.04567	-175722.722
565.2818895	3581.258	3627.626	3599.472	13.73799	-175722.722
568.2492485	3581.636	3627.226	3599.343	13.43934	-175722.722
571.2166075	3582.026	3626.901	3599.212	13.15409	-175722.722
574.1839665	3582.444	3626.625	3599.078	12.88653	-175722.722
577.1513255	3582.879	3626.376	3598.94	12.64083	-175722.722
580.1186845	3583.322	3626.145	3598.799	12.42052	-175722.722
583.0860435	3583.772	3625.93	3598.651	12.22823	-175722.722
586.0534025	3584.23	3625.736	3598.498	12.06523	-175722.722
589.0207615	3584.692	3625.571	3598.339	11.93146	-175722.722
591.9881205	3585.146	3625.444	3598.173	11.8255	-175722.722
594.9554795	3585.61	3625.372	3598	11.74447	-175722.722
597.9228385	3585.728	3625.356	3597.822	11.68486	-175722.722
600.8901975	3584.903	3625.38	3597.639	11.64311	-175722.722
603.8575565	3584.078	3625.426	3597.454	11.61584	-175722.722
606.8249155	3583.275	3625.466	3597.267	11.60025	-175722.722
609.7922745	3582.505	3625.473	3597.08	11.59442	-175722.722
612.7596335	3581.767	3625.425	3596.894	11.5976	-175722.722
615.7269925	3581.052	3625.312	3596.71	11.61017	-175722.722
618.6943515	3580.364	3625.153	3596.526	11.63352	-175722.722
621.6617105	3579.692	3624.934	3596.345	11.66953	-175722.722
624.6290695	3579.028	3624.668	3596.164	11.72032	-175722.722
627.5964285	3578.373	3624.369	3595.985	11.78779	-175722.722
630.5637875	3577.744	3624.057	3595.806	11.87333	-175722.722
633.5311465	3577.145	3623.752	3595.627	11.97725	-175722.722
636.4985055	3576.593	3623.473	3595.45	12.09854	-175722.722

639.4658645	3576.086	3623.264	3595.275	12.2349	-175722.722
642.4332235	3575.645	3623.125	3595.102	12.38259	-175722.722
645.4005825	3575.253	3623.081	3594.931	12.53671	-175722.722
648.3679415	3574.937	3623.202	3594.761	12.69168	-175722.722
651.3353005	3574.682	3623.464	3594.592	12.84183	-175722.722
654.3026595	3574.505	3623.897	3594.421	12.98184	-175722.722
657.2700185	3574.385	3624.403	3594.249	13.1071	-175722.722
660.2373775	3574.336	3624.928	3594.074	13.21407	-175722.722
663.2047365	3574.331	3625.42	3593.895	13.29989	-175722.722
666.1720955	3574.363	3625.819	3593.712	13.36218	-175722.722
669.1394545	3574.418	3626.083	3593.523	13.39911	-175722.722
672.1068135	3574.469	3626.207	3593.329	13.41051	-175722.722
675.0741725	3574.482	3626.183	3593.127	13.39754	-175722.722
678.0415315	3574.408	3625.962	3592.919	13.36476	-175722.722
681.0088905	3574.242	3625.61	3592.706	13.31781	-175722.722
683.9762495	3573.968	3625.041	3592.483	13.25402	-175722.722
686.9436085	3573.627	3624.339	3592.25	13.17048	-175722.722
689.9109675	3573.252	3623.433	3592.007	13.06622	-175722.722
692.8783265	3572.865	3622.4	3591.758	12.94136	-175722.722
695.8456855	3572.483	3621.268	3591.51	12.79693	-175722.722
698.8130445	3572.119	3620.079	3591.266	12.63396	-175722.722
701.7804035	3571.784	3618.894	3591.027	12.4531	-175722.722
704.7477625	3571.48	3617.761	3590.793	12.25513	-175722.722
707.7151215	3571.205	3616.711	3590.563	12.04117	-175722.722
710.6824805	3570.954	3615.776	3590.338	11.8128	-175722.722
713.6498395	3570.754	3614.959	3590.117	11.57219	-175722.722
716.6171985	3570.613	3614.229	3589.899	11.3221	-175722.722
719.5845575	3570.547	3613.568	3589.685	11.06611	-175722.722
722.5519165	3570.57	3612.962	3589.472	10.80876	-175722.722
725.5192755	3570.683	3612.416	3589.26	10.55577	-175722.722
728.4866345	3570.889	3611.92	3589.048	10.31412	-175722.722
731.4539935	3571.181	3611.468	3588.835	10.09169	-175722.722
734.4213525	3571.561	3611.063	3588.618	9.896652	-175722.722
737.3887115	3572.002	3610.703	3588.397	9.736679	-175722.722
740.3560705	3572.49	3610.391	3588.168	9.618381	-175722.722
743.3234295	3572.966	3610.134	3587.931	9.546514	-175722.722
746.2907885	3573.361	3609.951	3587.685	9.523395	-175722.722
749.2581475	3573.601	3609.828	3587.429	9.548381	-175722.722
752.2255065	3573.242	3609.769	3587.164	9.617996	-175722.722
755.1928655	3572.694	3609.776	3586.89	9.726829	-175722.722
758.1602245	3572.138	3609.854	3586.608	9.868389	-175722.722
761.1275835	3571.587	3610.016	3586.32	10.03571	-175722.722
764.0949425	3571.051	3610.226	3586.028	10.22181	-175722.722
767.0623015	3570.54	3610.46	3585.732	10.41978	-175722.722
770.0296605	3569.903	3610.69	3585.434	10.62319	-175722.722

772.9970195	3569.065	3610.891	3585.136	10.82616	-175722.722
775.9643785	3568.223	3611.043	3584.839	11.02344	-175722.722
778.9317375	3567.386	3611.152	3584.543	11.21035	-175722.722
781.8990965	3566.558	3611.199	3584.251	11.38268	-175722.722
784.8664555	3565.742	3611.164	3583.964	11.53691	-175722.722
787.8338145	3564.94	3611.036	3583.681	11.67015	-175722.722
790.8011735	3564.179	3610.83	3583.404	11.78038	-175722.722
793.7685325	3563.452	3610.55	3583.134	11.86628	-175722.722
796.7358915	3562.785	3610.174	3582.872	11.92714	-175722.722
799.7032505	3562.169	3609.707	3582.617	11.96298	-175722.722
802.6706095	3561.607	3609.165	3582.372	11.97459	-175722.722
805.6379685	3561.106	3608.577	3582.135	11.96377	-175722.722
808.6053275	3560.665	3607.973	3581.908	11.93314	-175722.722
811.5726865	3560.275	3607.381	3581.69	11.88615	-175722.722
814.5400455	3559.956	3606.832	3581.48	11.82679	-175722.722
817.5074045	3559.68	3606.333	3581.278	11.75964	-175722.722
820.4747635	3559.467	3605.888	3581.083	11.68976	-175722.722
823.4421225	3559.289	3605.497	3580.894	11.62247	-175722.722
826.4094815	3559.167	3605.159	3580.712	11.56289	-175722.722
829.3768405	3559.102	3604.87	3580.534	11.51551	-175722.722
832.3441995	3559.095	3604.634	3580.361	11.48386	-175722.722
835.3115585	3559.173	3604.459	3580.193	11.47077	-175722.722
838.2789175	3559.302	3604.345	3580.029	11.4786	-175722.722
841.2462765	3559.504	3604.313	3579.867	11.50932	-175722.722
844.2136355	3559.762	3604.392	3579.709	11.56409	-175722.722
847.1809945	3560.046	3604.604	3579.551	11.64311	-175722.722
850.1483535	3560.346	3604.902	3579.394	11.74541	-175722.722
853.1157125	3560.622	3605.267	3579.237	11.86917	-175722.722
856.0830715	3560.833	3605.675	3579.078	12.01181	-175722.722
859.0504305	3560.955	3606.1	3578.918	12.16974	-175722.722
862.0177895	3560.971	3606.512	3578.758	12.33831	-175722.722
864.9851485	3560.87	3606.886	3578.596	12.51201	-175722.722
867.9525075	3560.618	3607.201	3578.434	12.6853	-175722.722
870.9198665	3560.175	3607.453	3578.272	12.85319	-175722.722
873.8872255	3559.574	3607.648	3578.109	13.0113	-175722.722
876.8545845	3558.908	3607.794	3577.948	13.15541	-175722.722
879.8219435	3558.225	3607.895	3577.788	13.28097	-175722.722
882.7893025	3557.546	3607.898	3577.63	13.38341	-175722.722
885.7566615	3556.897	3607.786	3577.476	13.4587	-175722.722
888.7240205	3556.286	3607.597	3577.326	13.50389	-175722.722
891.6913795	3555.739	3607.313	3577.181	13.517	-175722.722
894.6587385	3555.271	3606.923	3577.043	13.49674	-175722.722
897.6260975	3554.875	3606.433	3576.91	13.44262	-175722.722
900.5934565	3554.561	3605.843	3576.783	13.35567	-175722.722
903.5608155	3554.296	3605.122	3576.659	13.23892	-175722.722

906.5281745	3554.081	3604.301	3576.538	13.09701	-175722.722
909.4955335	3553.897	3603.42	3576.416	12.93479	-175722.722
912.4628925	3553.776	3602.512	3576.293	12.75599	-175722.722
915.4302515	3553.725	3601.579	3576.168	12.56326	-175722.722
918.3976105	3553.723	3600.66	3576.039	12.35941	-175722.722
921.3649695	3553.764	3599.824	3575.906	12.14835	-175722.722
924.3323285	3553.829	3599.143	3575.767	11.93468	-175722.722
927.2996875	3553.913	3598.686	3575.622	11.72227	-175722.722
930.2670465	3554.043	3598.402	3575.47	11.51369	-175722.722
933.2344055	3554.241	3598.186	3575.312	11.3117	-175722.722
936.2017645	3554.48	3597.972	3575.147	11.12152	-175722.722
939.1691235	3554.717	3597.742	3574.976	10.9508	-175722.722
942.1364825	3554.96	3597.491	3574.799	10.80666	-175722.722
945.1038415	3555.272	3597.189	3574.615	10.69227	-175722.722
948.0712005	3555.689	3596.793	3574.427	10.60694	-175722.722
951.0385595	3556.279	3596.305	3574.235	10.55002	-175722.722
954.0059185	3556.966	3595.817	3574.037	10.52423	-175722.722
956.9732775	3557.594	3595.463	3573.833	10.5336	-175722.722
959.9406365	3557.481	3595.37	3573.619	10.57774	-175722.722
962.9079955	3557.348	3595.436	3573.398	10.64901	-175722.722
965.8753545	3557.289	3595.515	3573.169	10.73641	-175722.722
968.8427135	3556.532	3595.539	3572.935	10.83199	-175722.722
971.8100725	3555.775	3595.561	3572.697	10.9326	-175722.722
974.7774315	3555.217	3595.664	3572.458	11.03494	-175722.722
977.7447905	3554.897	3595.817	3572.226	11.13301	-175722.722
980.7121495	3554.766	3595.865	3572.009	11.22234	-175722.722
983.6795085	3554.615	3595.7	3571.812	11.30495	-175722.722
986.6468675	3554.008	3595.438	3571.65	11.40676	-175722.722
989.6142265	3553.3	3595.409	3571.533	11.56682	-175722.722
992.5815855	3552.719	3595.614	3571.468	11.79591	-175722.722
995.5489445	3552.162	3595.946	3571.481	12.07811	-175722.722
998.5163035	3551.329	3596.404	3571.603	12.38321	-175722.722
999.999983	3550.639	3596.761	3571.642	12.63816	-175722.722

OrcaFlex 9.2f: Tow 1 Mooring 135.dat (modified 11:28 PM on 7/12/2015 by OrcaFlex 9.2f)

Column A: Arc Length (m)

Other columns: Line1 Max von Mises Stress (kPa)

Period: t = -8.000 to

16.000s

Arc Length (m)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Allowable Stress
0	103175.7	104749.8	103774.7	453.7349946	280728.99
1.4836795	105338.3	111229.4	107037.7	1552.975335	280728.99
4.4510385	108277	121831.1	111870.8	3417.748945	280728.99
7.4183975	109820.7	127736	114094.8	4258.138791	280728.99
10.3857565	110518.4	130152.7	114907.4	4401.625238	280728.99
13.3531155	110700.6	129737.8	114996.5	4063.377881	280728.99
16.3204745	110670.3	127322.5	114759.8	3445.241148	280728.99
19.2878335	110772.2	124254.1	114434	2790.326419	280728.99
22.2551925	110863.8	121582.8	114139.3	2267.219998	280728.99
25.2225515	110410.2	119753.1	113907.6	1913.124388	280728.99
28.1899105	110101.6	118821.5	113735.3	1693.971556	280728.99
31.1572695	109991.5	118325.9	113614.3	1559.89105	280728.99
34.1246285	110017.3	118196.4	113529.6	1471.433033	280728.99
37.0919875	110083.5	118118.8	113465.8	1407.645121	280728.99
40.0593465	110248.9	117995.5	113415.5	1354.735453	280728.99
43.0267055	110283.5	117802.6	113375.5	1304.07787	280728.99
45.9940645	110169.4	117429.6	113344.3	1251.57646	280728.99
48.9614235	110071.5	116945.2	113320.6	1195.866401	280728.99
51.9287825	110088.6	116455	113304.5	1135.967876	280728.99
54.8961415	110171.8	115996.5	113297.6	1068.636983	280728.99
57.8635005	110299.9	115599.8	113301	987.6529505	280728.99
60.8308595	110482	115269.6	113313.1	888.4910224	280728.99
63.7982185	110675.1	114976.5	113329.9	775.8040947	280728.99
66.7655775	110926.1	114752.1	113346.3	663.8799852	280728.99
69.7329365	111274.1	114614.6	113359	568.3604215	280728.99
72.7002955	111724.7	114539.1	113366.6	499.1674357	280728.99
75.6676545	112232.6	114484.7	113368.6	459.2117448	280728.99
78.6350135	112358	114398.5	113365	444.6920938	280728.99
81.6023725	112286	114276	113356.4	446.9754969	280728.99
84.5697315	112217.4	114153.9	113344.8	457.8464915	280728.99
87.5370905	112097.1	114071	113332.4	472.3383124	280728.99
90.5044495	112068.9	114059.3	113320.5	487.2868331	280728.99
93.4718085	112130.4	114100	113309.6	500.2193865	280728.99
96.4391675	112250.9	114148	113299.2	509.8475611	280728.99
99.4065265	112257.5	114185.8	113289	516.2438502	280728.99
102.3738855	112211.8	114250.2	113279.1	520.0406231	280728.99

105.3412445	112194.8	114283.7	113270.1	521.536753	280728.99
108.3086035	112187.6	114275.9	113262.1	520.767872	280728.99
111.2759625	112207.7	114240.7	113255.1	518.3649741	280728.99
114.2433215	112240.2	114184.8	113248.8	516.1637842	280728.99
117.2106805	112272.9	114124.5	113243.1	516.7404272	280728.99
120.1780395	112288.2	114062.3	113237.8	522.2095997	280728.99
123.1453985	112270.7	114077.8	113232.4	533.2877067	280728.99
126.1127575	112215.9	114133	113226.7	549.151326	280728.99
129.0801165	112147.9	114175.7	113219.9	567.8939656	280728.99
132.0474755	112094.5	114200	113212	587.1789541	280728.99
135.0148345	112053.2	114204.6	113203	604.8124606	280728.99
137.9821935	112051.3	114192.9	113193.4	619.2013665	280728.99
140.9495525	112062.4	114196.9	113183.4	629.6181264	280728.99
143.9169115	112107.9	114194	113173.2	636.2624103	280728.99
146.8842705	112158.6	114159.5	113162.9	640.071037	280728.99
149.8516295	112220.3	114150	113152.5	642.2850639	280728.99
152.8189885	112264.1	114195.1	113142	643.9835483	280728.99
155.7863475	112271.9	114228.4	113131.5	645.7923969	280728.99
158.7537065	112236.9	114273.6	113120.7	647.848428	280728.99
161.7210655	112171.4	114293.6	113109.6	649.8167074	280728.99
164.6884245	112101	114277.8	113098.4	651.0621424	280728.99
167.6557835	112029.7	114248.4	113087.2	650.8904765	280728.99
170.6231425	111981.2	114213.3	113076.7	648.7416802	280728.99
173.5905015	111940.6	114189.9	113067.4	644.2501547	280728.99
176.5578605	111920	114188.5	113059.7	637.1959737	280728.99
179.5252195	111906.2	114144.3	113054.1	627.4955412	280728.99
182.4925785	111905.1	114095.5	113050.7	615.2349904	280728.99
185.4599375	111903.5	114040.8	113049.3	600.7975181	280728.99
188.4272965	111910.5	114015	113049.8	584.8858405	280728.99
191.3946555	111930.6	113991.2	113051.7	568.4225157	280728.99
194.3620145	111931.4	113966.4	113054.7	552.4244674	280728.99
197.3293735	111909.9	113942.2	113058.5	537.965217	280728.99
200.2967325	111894.8	113922.3	113062.9	526.2908652	280728.99
203.2640915	111855.2	113900.7	113067.7	518.9094558	280728.99
206.2314505	111838.5	113872.3	113072.6	517.4507053	280728.99
209.1988095	111850	113943.4	113077.1	523.2292808	280728.99
212.1661685	111855.9	114052.5	113080.8	536.7513549	280728.99
215.1335275	111815.5	114157.7	113083.7	557.5285793	280728.99
218.1008865	111798.6	114266	113085.5	584.3971338	280728.99
221.0682455	111782.2	114364.1	113086.3	615.9251474	280728.99
224.0356045	111685.2	114454.1	113085.9	650.8298548	280728.99
227.0029635	111613.5	114534.2	113084.3	688.0824356	280728.99
229.9703225	111574.1	114592.2	113081.4	726.8904495	280728.99
232.9376815	111567.8	114636.8	113077.2	766.6373936	280728.99
235.9050405	111529.9	114671.1	113071.6	806.720889	280728.99

238.8723995	111453.9	114690	113064.8	846.5354767	280728.99
241.8397585	111363.9	114756.9	113056.9	885.4074885	280728.99
244.8071175	111301	114821.7	113048.2	922.5650862	280728.99
247.7744765	111238.9	114872.2	113039	957.1846584	280728.99
250.7418355	111118.1	114907.6	113029.8	988.4249744	280728.99
253.7091945	111040.3	114939.9	113020.8	1015.524944	280728.99
256.6765535	111014.5	114965.8	113012.3	1037.89187	280728.99
259.6439125	111016.3	114990.8	113004.3	1055.130022	280728.99
262.6112715	110996.3	115004.3	112996.9	1067.028879	280728.99
265.5786305	111003.1	115013.1	112990.1	1073.539189	280728.99
268.5459895	111057.7	114998	112983.9	1074.72562	280728.99
271.5133485	111109.6	114967.3	112978.2	1070.737901	280728.99
274.4807075	111080	114964.2	112972.6	1061.756408	280728.99
277.4480665	111063.9	114940.1	112966.8	1047.910745	280728.99
280.4154255	111062.2	114900.3	112960	1029.185339	280728.99
283.3827845	111057	114894.9	112950.8	1005.363206	280728.99
286.3501435	111048.4	114863.1	112937.2	976.0990254	280728.99
289.3175025	111057	114800.6	112915.7	941.1234873	280728.99
292.2848615	111086.5	114693.4	112880.7	900.5124066	280728.99
295.2522205	111132.1	114521	112823.8	855.2883282	280728.99
298.2195795	111182.5	114256.7	112731.7	808.736718	280728.99
301.1869385	111224	113862	112584.2	770.2369905	280728.99
304.1542975	111218.8	113532.1	112350.3	764.3912796	280728.99
307.1216565	110772.9	113348.9	111982.5	843.3150132	280728.99
310.0890155	110068.9	113273.5	111415.9	1081.120536	280728.99
313.0563745	108944.9	113319.5	110636.8	1473.850672	280728.99
316.0237335	107698.3	113354.5	109745.5	1887.03374	280728.99
318.9910925	106520.5	113315.3	108870.2	2197.202269	280728.99
321.9584515	105451.1	113147.1	108094.7	2359.100488	280728.99
324.9258105	104572	112794.9	107462	2373.121066	280728.99
327.8931695	103882.2	112132.8	106973.4	2264.476357	280728.99
330.8605285	103362.8	111375.1	106613	2092.551436	280728.99
333.8278875	102992.3	110927.1	106362.3	1933.54468	280728.99
336.7952465	102773.1	110690.3	106196.1	1829.875211	280728.99
339.7626055	102747.9	110501.6	106088.7	1782.089812	280728.99
342.7299645	102835.6	110331.6	106016.6	1776.686782	280728.99
345.6973235	102915.2	110230.7	105962.2	1797.467279	280728.99
348.6646825	102970.2	110153	105915.6	1830.340494	280728.99
351.6320415	102889.5	110087.3	105870.3	1868.809124	280728.99
354.5994005	102890.3	110018.6	105823.5	1909.671933	280728.99
357.5667595	102764.1	109951.6	105774.2	1951.899544	280728.99
360.5341185	102552.7	109889.1	105727.5	1987.485767	280728.99
363.5014775	102590.4	109807.4	105692.1	2004.363534	280728.99
366.4688365	102503.5	109709.7	105667.7	2006.932881	280728.99
369.4361955	102330.8	109600.1	105652.5	2002.547491	280728.99

372.4035545	102364.9	109487.1	105646.3	1994.747475	280728.99
375.3709135	102373.2	109394.5	105646.7	1988.28255	280728.99
378.3382725	102224.6	109300.2	105651.4	1986.416311	280728.99
381.3056315	102217.8	109286.9	105659.4	1989.751295	280728.99
384.2729905	102322.6	109339	105669.8	1998.309061	280728.99
387.2403495	102220.3	109377	105681.9	2011.425249	280728.99
390.2077085	102149.5	109418.5	105696.1	2026.662887	280728.99
393.1750675	102265.4	109466.8	105713.3	2040.151759	280728.99
396.1424265	102388	109506.5	105733	2049.979756	280728.99
399.1097855	102328.7	109532.5	105756.8	2050.791059	280728.99
402.0771445	102480	109550.1	105781.8	2043.472247	280728.99
405.0445035	102488.7	109564.2	105795.9	2044.527162	280728.99
408.0118625	102558.3	109571.5	105797.4	2051.226853	280728.99
410.9792215	102599.3	109557.6	105786.2	2058.724051	280728.99
413.9465805	102559.8	109515.4	105762.8	2062.476327	280728.99
416.9139395	102492.8	109456.1	105727.9	2060.387758	280728.99
419.8812985	102437.6	109381.3	105684.3	2050.684173	280728.99
422.8486575	102352.2	109352.9	105633.7	2035.261158	280728.99
425.8160165	102297.9	109332.2	105578.4	2017.828748	280728.99
428.7833755	102276.4	109293	105520.8	2002.49333	280728.99
431.7507345	102258.4	109243.1	105463.5	1992.8317	280728.99
434.7180935	102211.3	109175.2	105408.8	1991.113923	280728.99
437.6854525	102193.8	109092.5	105358.4	1998.498303	280728.99
440.6528115	102202.5	109004.5	105313.3	2014.159696	280728.99
443.6201705	102225.4	108924.5	105274.8	2035.13891	280728.99
446.5875295	102220.1	108842.1	105243.5	2057.765385	280728.99
449.5548885	102246.2	108745	105220.3	2077.397258	280728.99
452.5222475	102300.7	108662.3	105204.9	2091.143095	280728.99
455.4896065	102218.4	108587.6	105191.9	2104.970092	280728.99
458.4569655	102139.4	108518.1	105175.6	2125.568887	280728.99
461.4243245	102070.2	108452.2	105155.9	2151.655566	280728.99
464.3916835	102012.5	108453.8	105134.8	2179.038278	280728.99
467.3590425	101967.4	108501.7	105114.4	2204.859242	280728.99
470.3264015	101935.3	108547.5	105094.9	2228.148113	280728.99
473.2937605	101913.6	108598.7	105076.2	2249.034439	280728.99
476.2611195	101895	108649.2	105057.4	2268.340072	280728.99
479.2284785	101862.3	108698.4	105035.4	2288.837298	280728.99
482.1958375	101797.5	108747.7	105004.5	2315.204504	280728.99
485.1631965	101712.7	108783.7	104967.9	2342.605408	280728.99
488.1305555	101633.9	108800.9	104934.8	2360.459721	280728.99
491.0979145	101575.9	108799.3	104911.7	2363.127033	280728.99
494.0652735	101545	108785.4	104903.6	2349.434011	280728.99
497.0326325	101542.7	108762.5	104912.9	2323.135717	280728.99
499.9999915	101566.3	108725.3	104938.2	2292.761167	280728.99
502.9673505	101607	108673.9	104972.1	2269.192617	280728.99

505.9347095	101646.7	108616.2	105002.4	2262.396698	280728.99
508.9020685	101637.7	108619.2	105024.7	2274.004254	280728.99
511.8694275	101587.9	108693.6	105043.6	2297.06261	280728.99
514.8367865	101531.2	108747.7	105060.2	2322.900434	280728.99
517.8041455	101484.9	108794.5	105074	2344.80672	280728.99
520.7715045	101458.9	108830.5	105085.7	2357.646408	280728.99
523.7388635	101450.2	108856.5	105097	2357.965229	280728.99
526.7062225	101450.2	108872.3	105109.5	2345.091727	280728.99
529.6735815	101458.1	108860.7	105125.6	2318.237597	280728.99
532.6409405	101468.3	108814.5	105148.5	2276.26287	280728.99
535.6082995	101484.4	108746.5	105179.3	2221.398638	280728.99
538.5756585	101489.2	108665	105217.2	2158.891028	280728.99
541.5430175	101498.6	108565.5	105260.4	2095.296042	280728.99
544.5103765	101510.9	108463.9	105307.3	2036.330844	280728.99
547.4777355	101525.5	108376.5	105355.6	1987.558331	280728.99
550.4450945	101546.3	108266.6	105401.6	1955.511127	280728.99
553.4124535	101579.6	108121.2	105445	1939.466124	280728.99
556.3798125	101628.1	107995.5	105484.5	1939.006388	280728.99
559.3471715	101679.6	108396.3	105520.8	1948.396524	280728.99
562.3145305	101739	108936	105551.8	1965.185786	280728.99
565.2818895	101803.3	109353.4	105577.7	1983.542491	280728.99
568.2492485	101874.6	109703.9	105596.1	2001.600194	280728.99
571.2166075	101950.1	109983.7	105607.5	2014.985305	280728.99
574.1839665	102031.5	110211.4	105610.4	2024.727838	280728.99
577.1513255	102098.4	110398.9	105608.4	2026.635512	280728.99
580.1186845	102119.5	110545.8	105600.9	2025.778999	280728.99
583.0860435	102068.4	110662.3	105589.8	2024.820993	280728.99
586.0534025	102025.8	110753	105579.9	2021.947572	280728.99
589.0207615	102066.4	110804.3	105572.7	2020.725662	280728.99
591.9881205	102039	110812.1	105570.5	2021.893331	280728.99
594.9554795	102028.3	110784.5	105576.5	2022.070038	280728.99
597.9228385	102105.4	110732.8	105591.1	2019.297914	280728.99
600.8901975	102084.8	110733.2	105615.3	2007.659215	280728.99
603.8575565	102098	110720.7	105647.4	1985.096778	280728.99
606.8249155	102015.2	110702.7	105674.6	1971.306754	280728.99
609.7922745	101920.3	110649.2	105693.3	1970.112022	280728.99
612.7596335	101823.7	110554.2	105704.3	1977.735551	280728.99
615.7269925	101751.8	110468.6	105711.4	1986.34193	280728.99
618.6943515	101681.6	110391.6	105715.6	1994.744509	280728.99
621.6617105	101629.7	110331.4	105718.8	1998.894406	280728.99
624.6290695	101595.3	110273.3	105720.4	1999.386729	280728.99
627.5964285	101583.8	110195.1	105720.2	1994.727322	280728.99
630.5637875	101592	110130.7	105716.8	1986.316823	280728.99
633.5311465	101596.5	110063.6	105709.8	1975.705561	280728.99
636.4985055	101562.1	110008.3	105700.3	1963.193135	280728.99

639.4658645	101577.7	109948.5	105688.8	1950.654742	280728.99
642.4332235	101632.6	109903.3	105678.1	1936.569211	280728.99
645.4005825	101683	109883.9	105668.3	1921.781508	280728.99
648.3679415	101740.4	109893.2	105661.1	1901.59815	280728.99
651.3353005	101845.6	109946.2	105654.9	1873.782193	280728.99
654.3026595	102144.8	110062.4	105646.1	1841.036212	280728.99
657.2700185	102443.4	110189.5	105630	1815.937609	280728.99
660.2373775	102534.9	110310.3	105612.1	1801.997959	280728.99
663.2047365	102685.5	110427.7	105611.9	1798.196045	280728.99
666.1720955	102521.6	110535.3	105658.3	1816.469709	280728.99
669.1394545	102491.3	110664.1	105789	1882.206961	280728.99
672.1068135	102752.1	110891.2	106046.7	2014.066913	280728.99
675.0741725	103230.1	111307.3	106462.9	2194.788696	280728.99
678.0415315	103847.6	112045.8	107038.1	2342.148743	280728.99
681.0088905	104676.9	112784.8	107751.2	2351.386525	280728.99
683.9762495	105814.7	113231.1	108576.7	2176.152237	280728.99
686.9436085	107107.9	113477.5	109467.3	1839.658591	280728.99
689.9109675	108350.6	113568.4	110331.1	1430.288045	280728.99
692.8783265	109502.9	113495.6	111021.5	1089.621189	280728.99
695.8456855	110066.7	113783	111479.3	885.7519627	280728.99
698.8130445	110106.2	114080.7	111767.8	786.3682561	280728.99
701.7804035	110107.8	114190.4	111945.2	747.0762331	280728.99
704.7477625	110103	114152.6	112049.6	738.6429531	280728.99
707.7151215	110065.5	114014.6	112106.1	744.7373499	280728.99
710.6824805	109997.9	113824.7	112130.8	757.8174342	280728.99
713.6498395	109953	113638	112134.4	775.4095594	280728.99
716.6171985	109915.2	113501.5	112123.9	797.3339456	280728.99
719.5845575	109882.2	113510.7	112104.4	823.8389387	280728.99
722.5519165	109845.1	113597.3	112079.6	854.5652124	280728.99
725.5192755	109800.4	113744.1	112052.3	888.2954069	280728.99
728.4866345	109733	113888.7	112024.2	922.9359744	280728.99
731.4539935	109666.5	114053.8	111996.6	955.9432357	280728.99
734.4213525	109627.3	114197	111969.9	985.0021478	280728.99
737.3887115	109617	114304.8	111944.3	1008.117944	280728.99
740.3560705	109619.2	114381.8	111920.2	1023.762223	280728.99
743.3234295	109616.5	114439.2	111897.9	1031.074861	280728.99
746.2907885	109599.8	114456.1	111878.4	1030.058922	280728.99
749.2581475	109618.1	114438.2	111862.5	1021.63305	280728.99
752.2255065	109676.8	114407.9	111851.5	1007.126912	280728.99
755.1928655	109720.5	114364.2	111845.9	987.3754891	280728.99
758.1602245	109727.8	114289.1	111845.9	962.3082719	280728.99
761.1275835	109724	114177.8	111851.1	931.1566692	280728.99
764.0949425	109712.4	114024.2	111860.8	893.2731217	280728.99
767.0623015	109740.7	113823.7	111873.5	848.9198371	280728.99
770.0296605	109806.8	113654.2	111888.1	799.4492854	280728.99

772.9970195	109943.6	113583.8	111903.1	747.0236912	280728.99
775.9643785	110169.3	113531.6	111917.5	694.0846055	280728.99
778.9317375	110340.5	113468.8	111930.6	642.9888957	280728.99
781.8990965	110335.1	113393.3	111941.9	595.7247306	280728.99
784.8664555	110342.8	113295.4	111951.2	553.9127893	280728.99
787.8338145	110403.7	113189.8	111958.5	519.1159696	280728.99
790.8011735	110498.4	113035.7	111963.9	493.0580728	280728.99
793.7685325	110544.1	113000	111967.4	477.3471019	280728.99
796.7358915	110574.6	113188.8	111969.4	472.9051696	280728.99
799.7032505	110593.7	113389.1	111970.4	479.5695265	280728.99
802.6706095	110611.7	113557.9	111971.1	495.9819478	280728.99
805.6379685	110613	113714.3	111972	519.7580073	280728.99
808.6053275	110589.9	113861.8	111973.5	547.7385046	280728.99
811.5726865	110546.8	113961.8	111975.7	576.4816494	280728.99
814.5400455	110515.6	114004.4	111978.3	602.9751424	280728.99
817.5074045	110468.8	113992.9	111981	625.2586432	280728.99
820.4747635	110411.7	113945.2	111983.3	642.5920782	280728.99
823.4421225	110351.9	113848.9	111984.7	655.2321688	280728.99
826.4094815	110306.5	113727	111984.6	663.9996329	280728.99
829.3768405	110282.3	113658.6	111982.9	670.189289	280728.99
832.3441995	110279.2	113616.6	111979.7	675.7055977	280728.99
835.3115585	110316.9	113676.8	111975.4	682.7937242	280728.99
838.2789175	110376.4	113756.8	111970.2	692.9650353	280728.99
841.2462765	110474.3	113836.7	111964.3	705.7492756	280728.99
844.2136355	110547.4	113863.5	111957.8	718.5044301	280728.99
847.1809945	110452.3	113781.6	111950.7	727.5516975	280728.99
850.1483535	110388.5	113588.3	111942.8	729.6897532	280728.99
853.1157125	110173.5	113459.7	111934.2	723.0448579	280728.99
856.0830715	110084.2	113436.7	111924.9	707.4703528	280728.99
859.0504305	110130.1	113357.3	111915.1	684.641207	280728.99
862.0177895	110305.7	113371.3	111905.3	657.9533155	280728.99
864.9851485	110586.5	113318.7	111896.3	632.1905842	280728.99
867.9525075	110925	113227.8	111888.6	612.5119853	280728.99
870.9198665	110860.7	113168.6	111882.1	602.8707918	280728.99
873.8872255	110796	113128.6	111876.5	604.5443142	280728.99
876.8545845	110738.8	113092.9	111871.1	615.9342047	280728.99
879.8219435	110699.9	113064.1	111865.6	633.9723148	280728.99
882.7893025	110579.3	113202.9	111859.4	655.51211	280728.99
885.7566615	110327.8	113250.6	111852.4	677.5484273	280728.99
888.7240205	110140.2	113189.7	111844.7	696.8130962	280728.99
891.6913795	110019	113046.2	111836.7	709.7690179	280728.99
894.6587385	109775.5	113123.9	111829.9	713.7841298	280728.99
897.6260975	109619.9	113248.5	111825.8	707.8301228	280728.99
900.5934565	109582.4	113344.6	111825.5	691.9397983	280728.99
903.5608155	109669.2	113380.9	111829.2	666.8878354	280728.99

906.5281745	109875.1	113435.2	111836.3	635.5772679	280728.99
909.4955335	110166.9	113421	111845.8	605.0588046	280728.99
912.4628925	110496.3	113436.1	111857.3	585.0915773	280728.99
915.4302515	110742.8	113410.2	111870.6	582.4670238	280728.99
918.3976105	110846.1	113403.7	111885.4	596.7291306	280728.99
921.3649695	110805.3	113415.6	111901.1	622.7276238	280728.99
924.3323285	110710	113436	111917.1	655.9247958	280728.99
927.2996875	110603.5	113429.6	111933.6	693.7864534	280728.99
930.2670465	110515.1	113518.1	111951.4	733.5541725	280728.99
933.2344055	110510.4	113832.2	111971.2	771.1512056	280728.99
936.2017645	110647.2	114177.2	111992.9	804.8656223	280728.99
939.1691235	110790.4	114507.5	112015.8	840.1581075	280728.99
942.1364825	110749.4	114809.2	112040.1	888.492871	280728.99
945.1038415	110594.8	115095.5	112067.4	958.4722593	280728.99
948.0712005	110354.1	115424.5	112099.5	1049.055623	280728.99
951.0385595	110154.1	115771.8	112136	1153.951317	280728.99
954.0059185	109938	116112.3	112173.3	1269.041437	280728.99
956.9732775	109700.7	116438.6	112207.8	1391.24661	280728.99
959.9406365	109565.2	116804	112239.3	1514.456297	280728.99
962.9079955	109473.9	117134.4	112272.9	1629.801066	280728.99
965.8753545	109453.1	117434.6	112317.8	1728.622413	280728.99
968.8427135	109457.9	117673.7	112386.4	1811.756575	280728.99
971.8100725	109527.2	117825.4	112495.8	1908.414309	280728.99
974.7774315	109651.4	117800.3	112663.5	2091.395646	280728.99
977.7447905	109763.7	119822.5	112899	2444.325851	280728.99
980.7121495	109741.2	123108.7	113203.3	3015.402423	280728.99
983.6795085	109699.9	126672.7	113537.7	3746.005647	280728.99
986.6468675	109402.1	128994.7	113750.4	4390.187855	280728.99
989.6142265	108840.4	128778.4	113549.9	4669.665256	280728.99
992.5815855	107679.5	125791.7	112521.7	4425.560622	280728.99
995.5489445	105642.9	119336.1	109988.5	3484.468519	280728.99
998.5163035	102543.1	108192	104721.6	1522.069484	280728.99
999.999983	100608.4	101917.4	101204.9	358.775363	280728.99

DAFTAR SIMBOL

W_s = Berat pipa baja di udara, N/m

W_{corr} = Berat lapisan anti korosi di udara, N/m

W_{cc} = Berat lapisan beton di udara, N/m

W_{cont} = Berat *content* (isi pipa) di udara, N/m

W_{buoy} = Berat/gaya apung (*buoyancy*), N/m

W_{sub} = Berat pipa di dalam air (terendam), N/m

W_{tot} = Berat total pipa di udara, N/m

W_{eff} = Berat pipa efektif, N/m

ρ_s = Massa jenis baja, kg/m^3

ρ_{corr} = Massa jenis lapisan anti korosi, kg/m^3

ρ_{cc} = Massa jenis lapisan beton, kg/m^3

ρ_{sw} = Massa jenis air laut, kg/m^3

ρ_{cont} = Massa jenis fluida isi (*content*), kg/m^3

Kecepatan horizontal (U) :

Percepatan horizontal (u/t) :

d = Kedalaman laut, m

k = Angka Gelombang

H = Tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau, m

T = Periode Gelombang, s

s = Jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut, m

L = Panjang gelombang pada kealaman yang ditinjau, m

ω = frekuensi geombang, rad/s

$R(\tau)$ = fungsi *autocorrelation* permukaan air dengan seri waktu

f = frekuensi, Hz

f_p = frekuensi puncak, Hz

α = konstanta Philip (*equilibrium-range parameter*)

U = kecepatan angin yang paling sering terjadi 10 m diatas permukaan, m/s

X = panjang *fetch*, m

$X_p(w)$ = amplitude struktur, m

H_w = amplitude gelombang, m

U_c = Kecepatan rata-rata arus, m/s

U_{zr} = Kecepatan arus pada kedalaman referensi, m/s

Z_r = Kedalaman referensi, m

Z_o = Parameter kekasaran seabed

e = Lebar gap antara pipa dengan seabed, m

D_T = Diameter total pipa (seluruh lapisan), m

R_{dc} = Faktor reduksi arus

W = Berat pipa yang tenggelam (lapisan beton, pipa baja, dan isinya), N/m

F_D = Gaya *drag*, N/m

F_I = Gaya inersia, N/m

F_L = Gaya *lift*, N/m

N = Gaya normal

Fr = Tahanan gesek

U = Kecepatan aliran pada lapisan batas, m/s

Θ = Kemiringan dasar laut, deg ($^{\circ}$)

F_I = Gaya inersia, N/m

\dot{U} = Percepatan arus, m/s

U_s = Kecepatan arus signifikan, m/s

U_D = Kecepatan partikel air, m/s

D = Diameter luar pipa, m

ν = Viskositas kinematik

F_B = Gaya apung / angkat / buoyancy, N/m

ρ = Massa jenis zat cair, kg/m³

g = Percepatan gravitasi, m/s²

v = Volume benda yang tercelup, m³

σ_L = Tekanan *Longitudinal*

σ_T = Tekanan *Thermal*

σ_P = *Poisson's effect*

E = modulus elastisitas baja ($3,0 \times 10^7$ psi)

α_T = Koefisien ekspansi thermal

ΔT = Perbedaan temperatur kondisi instalasi dan operasi

ν = *Poisson's ratio* (0,3 untuk carbon steel)

P_i = Tekanan *internal*

P_e = Tekanan eksternal

ID = Diameter dalam, m

D = Diameter luar, m

t = Ketebalan dinding pipa, m

σ_H = Tegangan *Hoop*

l_{min} = Panjang minimum *anchor line*, m

$h = h_m + h_c$, m

h_m = Kedalaman perairan, m

h_c = Tinggi *fairlead* dari permukaan air, m

w = *Submerged weight* dari *mooring*, kN/m

T_H = Gaya horizontal pada *mooring* di *fairlead*, kN

T_{max} = Tension pada *mooring* di *fairlead*, kN

X = Panjang *offset*, m

x = Jarak anchor hingga menyentuh tanah, m

$l = l_{min}$ = Panjang minimum *anchor line*, m

l_s = Panjang *anchor* hingga menyentuh tanah, m

Re = Bilangan *Reynold*

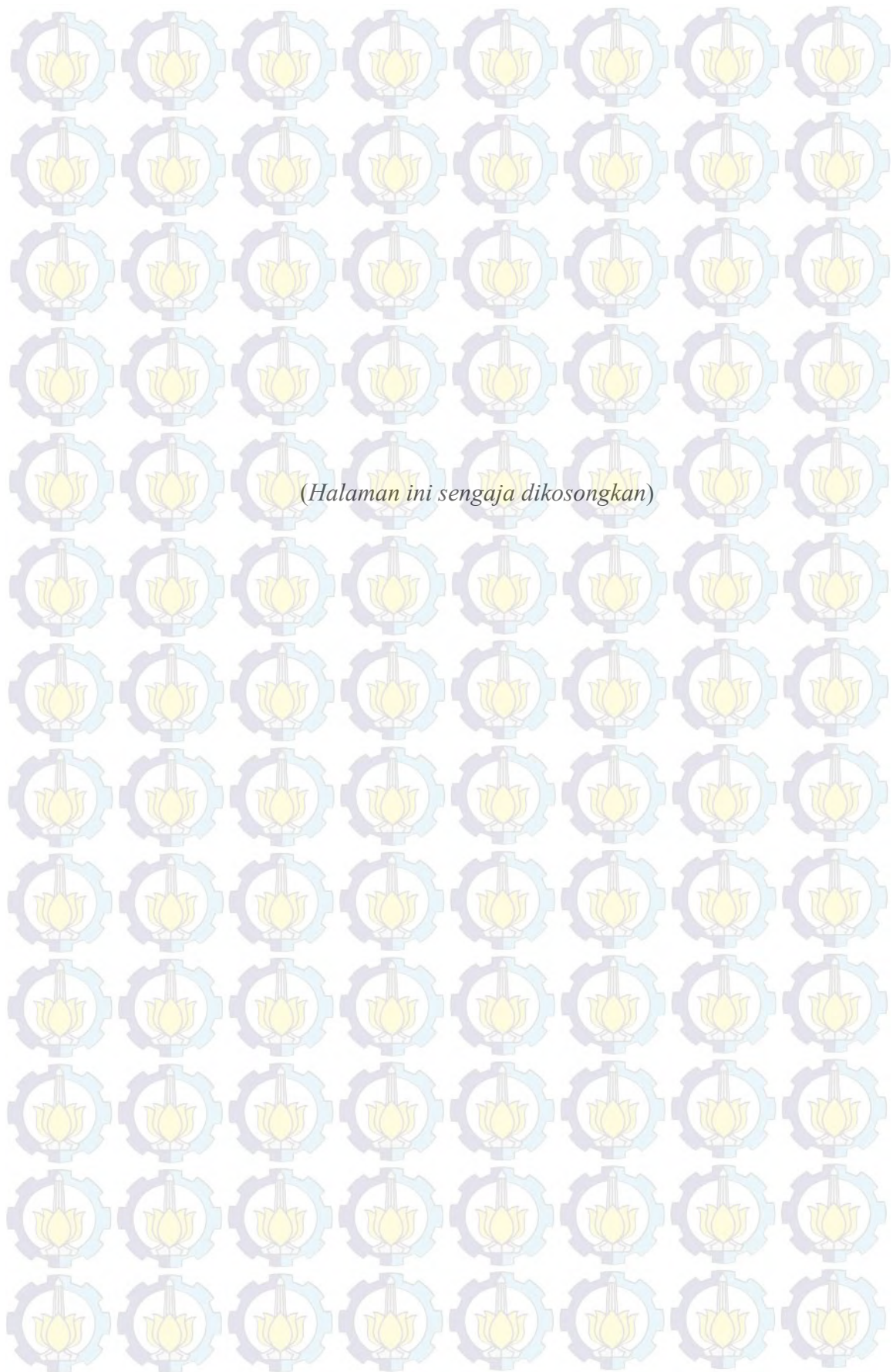
D_d = Diameter of *Drum*

H_d = Height of *Drum*

M_d = Mass of *drum*

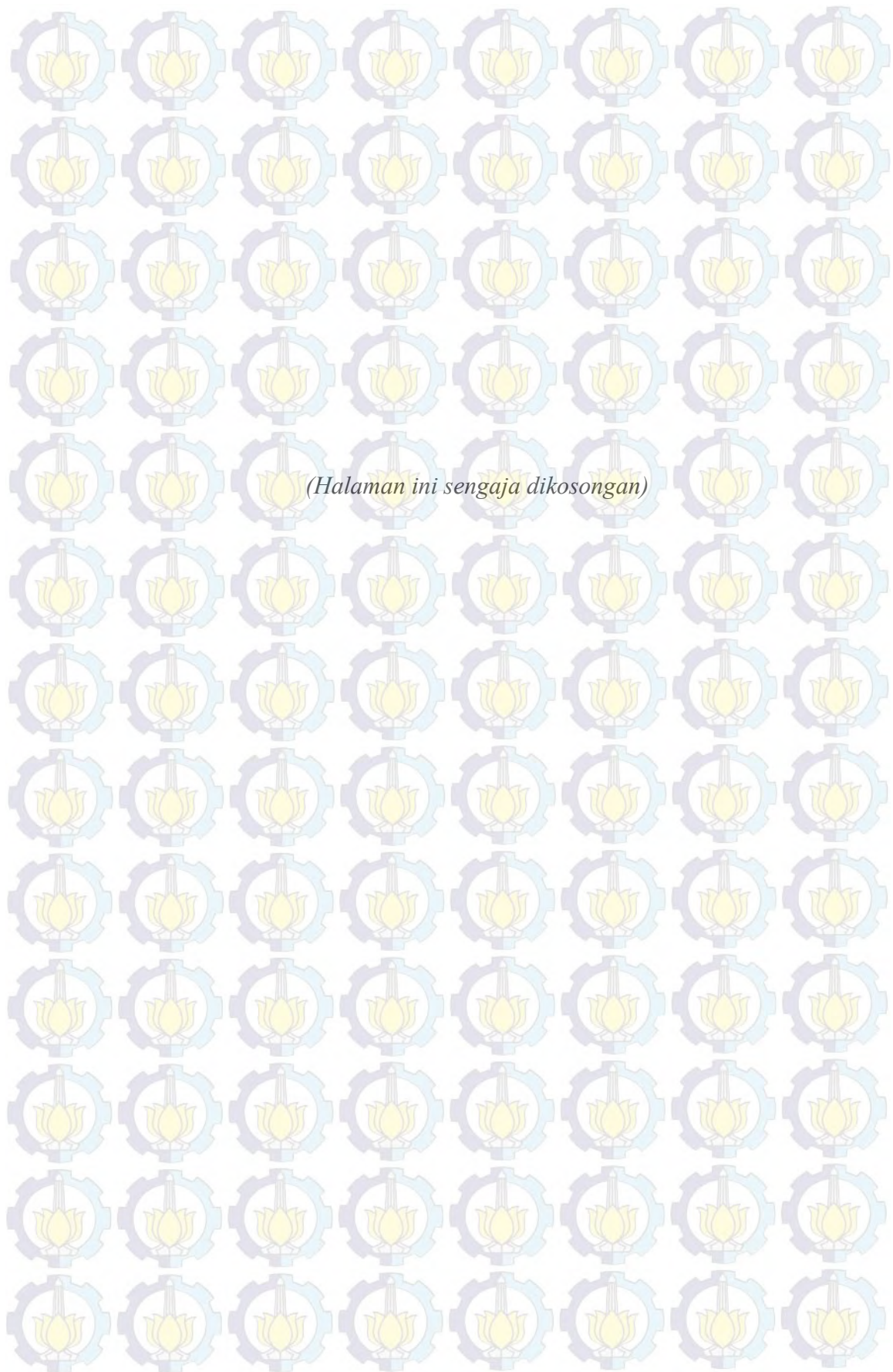
ρ_d = Density of *drum*

M_{wire} = Mass of *drum wire per coil*

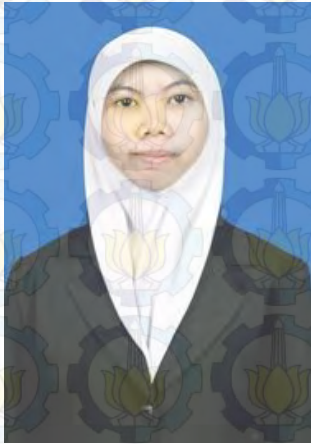


DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus, Mochammad. 2014. *Analisa Shore Pull pada GG New Field Development Milik PT Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Irawati, Christina. 2010. *Optimasi Buoyancy Tank pada Proses Above Water Tie In Menggunakan David Lifting*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Makisang, David. 2007. *Analisa Hidrodinamik Pipa Bawah Laut Selama Instalasi dengan Metode Tow Surface*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Mousselli, A.H. 1981. *Offshore Pipeline Design, Analysis, and Methods*. PenWell Books, Tulsa. Oklahoma.
- Mulyadi, Yeyes, et al. 2014. *Development of Ship Sinking Frequency Model Over Subsea Pipeline for Madura Strait using AIS Data*. WMU Journal of Maritim Affairs. Volume 13 PP 43-59.
- Perdana, Kusuma. 2010. *Analisis Risiko Pipa Bawah Air pada Alur Pelayaran Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Perak*. Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purnama, Ib. 2006. *Analisa Tegangan Pipa Bawah Laut pada Proses Instalasi Akibat Gerakan Lay Barge dengan Metode S Lay*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Yong, Bai, 2001. *Pipelines and Risers*. Elsevier Ocean Engineering Book Series. Netherlands.



BIODATA PENULIS



Nurillah Anggraini di Surabaya, 22 Agustus 1992.

Penulis yang akrab dipanggil Nuril ini merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara. Penulis yang bertempat tinggal di Gresik ini telah menempuh pendidikan formal semanjak SD sampai SMA di Gresik. Diantaranya SD Muhammadiyah 1 Sidayu, SMPN 1 Sidayu dan SMAN 1 Sidayu. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS pada tahun 2011 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan

Tinggi (SNMPTN) ujian tulis dan diselesaikan pada September 2015. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan.

Diantaranya penulis pernah menjadi sekretaris departemen, staf ahli departemen kesejahteraan mahasiswa di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan, dan menjadi panitia OCEANO 2012 dan 2013. Penulis juga telah menyelesaikan kerja praktek di JOB P-PEJ Tuban dan PT ZEE Indonesia dan mengambil bidang *pipeline*.

Ketertarikan penulis terhadap bidang *pipeline* mendorong penulis mengerjakan tugas akhir tentang pengangkatan pipa bawah laut ini.